

**České vysoké učení technické v Praze**  
**Fakulta stavební**

**Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)**  
**Obor: Budovy a prostředí (N3649)**  
**Zaměření: Budovy a prostředí (3608T006)**



**Vliv pohltivých materiálů na akustické  
vlastnosti obytných místností**

**Influence of absorptive materials  
on the acoustic properties  
in residential rooms**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vypracoval: Bc. Marie Ponomarenko  
Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ponomarenko Jméno: Marie Osobní číslo: 438 531  
Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb (K124)  
Studijní program: Budovy a prostředí (N3649)  
Studijní obor: Budovy a prostředí (3608T006)

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vliv pohltivých materiálů na akustické vlastnosti obytných místností  
Název diplomové práce anglicky: Influence of absorptive materials on the acoustic properties in residential rooms

#### Pokyny pro vypracování:

Soupis požadavků kladených na byty a obytné místnosti z hlediska stavební akustiky podle platné legislativy. Popis hodnocení akustického komfortu podle metodiky SBToolCZ. Vytvoření okrajových podmínek při výběru velikosti bytových jednotek, podílu pohltivých vs. odrazivých povrchů, materiálu dělicích stěn a podobně. Popis a charakteristika vybraných zdrojů zvuku v místnosti zdroje v oktávových pásmech. Stanovení neprůzvučnosti dělicích konstrukcí. Určení doby dozvuku a hladiny akustického tlaku A v místnosti příjmu zvuku v závislosti na absorpčních vlastnostech dílčích povrchů. Souhrn získaných poznatků ve vztahu k použití pro metodiku SBToolCZ. Zjištění názor nájemníků na akustickou pohodu ve vybraných bytech, přičemž by měly být zastoupeny byty s různým stupněm zařízení nábytkem.

#### Seznam doporučené literatury:

Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

ČSN 73 0525 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady. ČNI Praha, únor 1998.

ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ÚNMZ Praha, únor 2010.

ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.

ČECHURA, J. Stavební fyzika 10. Akustika stavebních konstrukcí. ČVUT v Praze, 173 s. ISBN 80-01-01593-9.

VYCHYTIL, J. Akustický komfort S.02. In. VONKA, Martin a kolektiv. SBToolCZ. Bytové domy. ČVUT v Praze, 242 s. 2013. ISBN 978-80-01-05125-2.

ZAJAC, J. Akustické vlastnosti stavebních konstrukcí a materiálů. STU v Bratislave, 2004. ISBN 80-227-2127-1.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 23. 9. 2019

Termín odevzdání diplomové práce: 5. 1. 2020

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

23. 9. 2019  
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Marie Ponomarenko

Název diplomové práce: Vliv pohltivých materiálů na akustické vlastnosti obytných místností

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 100 %

Formulace úkolů: Požadavky kladené na byty a obytné místnosti z hlediska stavební akustiky.

Popis hodnocení akustického komfortu podle SBTtoolCZ. Okrajové podmínky k výběru bytových jednotek, popis povrchů, materiálu dělicích stěn a podobně. Charakteristika zdrojů zvuku.

Neprůzvučnost dělicích konstrukcí. Doba dozvuku a hladina akustického tlaku A v místnosti příjmu zvuku v závislosti na okrajových podmínkách. Názor nájemníků na akustickou pohodu.

Podpis vedoucího DP:

Datum: 23.9.2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne .....

.....

Bc. Marie Ponomarenko



## **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za veškerou poskytnutou pomoc a rady při zpracovávání této práce.

Bc. Marie Ponomarenko

## **Abstrakt:**

Prostorová akustika, oproti stavební, nebývá v obytných budovách řešena. Požadavky na prostorovou akustiku se dají odvodit z obecných pravidel pro navrhování kulturních či učebních prostor, takové prostory mívají však jiný typ vybavení a jinou dynamiku využití. Tato práce je v první části věnována shrnutí existujících požadavků na dílčí veličiny mající vliv na prostorovou akustiku. Ve druhé části je pomocí výpočetního modelu šíření zvuku mezi dvěma místnostmi zkoumána provázanost stavební a prostorové akustiky a jejich vzájemné spolupůsobení. V poslední části jsou vyhodnocovány existující místnosti - objektivně vypočtené hodnoty doby dozvuku ve vztahu k subjektivnímu pocitu uživatel těchto prostor.

## **Klíčová slova:**

stavební akustika, prostorová akustika, akustický komfort, doba dozvuku, pohltivost zvuku, zvuk, (sousedský) hluk

**Abstract:**

Room acoustics, in contrary to building acoustics, isn't usually evaluated in residential buildings. It's possible to determine requirements for room acoustics from general rules for designing cultural and scholar spaces, however these spaces are usually furnished and generally designed for different dynamics of utilization. First chapter of this thesis summerizes existing requirements for room acoustics in residential spaces. Second chapter is dedicaded to formation of calculation model representing propagation of sound between two rooms. Said model had been bulit in order to analyze the relation between building acoustics and room acoustics. In the last chapter existing residential rooms are examined - objectively calculated values of reverberation time are compared to subjective feeling of occupant.

**Keywords:**

building acoustics, room acoustics, acoustic comfort, reverberation time, sound absorption, sound, (nighbour) noise



# Obsah

<b>1</b>	<b>Teorie akustiky - vybrané pojmy</b>	<b>18</b>
1.1	Zvuk . . . . .	18
1.2	Kmitočet zvuku $f$ (Hz) . . . . .	19
1.3	Oktávová a třetinooktávová pásma . . . . .	20
1.4	Hladina akustického tlaku $L$ (dB) . . . . .	21
1.5	Hladina akustického tlaku $A$ $L_A$ (dB) . . . . .	24
1.6	Doba dozvuku $T$ (s) . . . . .	24
1.7	Vzduchová neprůzvučnost . . . . .	28
<b>2</b>	<b>Výpočetní model</b>	<b>32</b>
2.1	Místnost zdroje zvuku (M1) . . . . .	33
2.1.1	Hladina akustického tlaku v M1 . . . . .	33
2.2	Místnost příjmu zvuku (M2) . . . . .	44
2.2.1	Činitel pohltivosti povrchů v M2 . . . . .	45
2.3	Dělicí konstrukce . . . . .	47
2.3.1	Vzduchová neprůzvučnost dělicí konstrukce . . . . .	48
2.4	Výpočet . . . . .	50
2.5	Vyhodnocení výsledků . . . . .	54
<b>3</b>	<b>Vyhodnocení existujících bytů</b>	<b>75</b>
3.1	BYT 01 - minimálně zařízený . . . . .	76
3.2	BYT 02 - minimálně zařízený . . . . .	77
3.3	BYT 03 - standardně zařízený . . . . .	78
3.4	BYT 04 - standardně zařízený . . . . .	79
3.5	BYT 05 - velmi zařízený . . . . .	80

3.6	BYT 06 - velmi zařízený . . . . .	82
3.7	Hodnocení názoru uživatelů . . . . .	94
3.7.1	Estetika prostoru vs. prostorová akustika . . . . .	94
3.7.2	Množství a typ zařízení . . . . .	95
3.7.3	Obecné povědomí o akustice prostoru . . . . .	97
3.7.4	Akustika prostoru vs. akustika stavebních konstrukcí . . . . .	98
3.8	Shrnutí a vyhodnocení . . . . .	101
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>102</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>103</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>105</b>

# Seznam obrázků

1.1	Sluchové pole [1] . . . . .	18
1.2	Kmitočtové rozsahy různých zdrojů zvuku [2] . . . . .	20
1.3	Intenzita zvuku na pomyslné ploše obklopující bodový zdroj [1] . . . . .	22
1.4	Rozložení hodnot hladiny akustického tlaku $L$ (dB) zvuků zpracovávaných v této práci napříč oktavovými pásmy 125 - 4000 Hz (viz. kapitola 2.1.1) . . . . .	23
1.5	Příklad katalogového vyobrazení průběhu činitele pohltivosti $\alpha$ (-) akustického podhledu výrobce Knauf [3] . . . . .	26
1.6	Závislost optimální doby dozvuku $T_O$ (s) na objemu uzavřeného prostoru $V$ (m <sup>3</sup> ) pro kmitočet 1000 Hz. [2] . . . . .	27
1.7	Relativní optimální průběh doby dozvuku pro různé kmitočty a různé objemy. [2] . . . . .	27
1.8	Model výpočtu neprůzvučnosti [4] . . . . .	29
2.1	Výpočetní model - půdorys . . . . .	32
2.2	Zvukový analyzátor NTI Audio AL1 Acoustilyzer . . . . .	34
2.3	Spektrální charakteristika bílého a šedého šumu pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	35
2.4	Spektrální charakteristika růžového a modrého šumu pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	35
2.5	Spektrální charakteristika červeného a fialového šumu pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	36
2.6	Spektrální charakteristiky zvuků 07 až 13 pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	38
2.7	Spektrální charakteristiky zvuků 14 až 17 pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	38
2.8	Spektrální charakteristiky zvuků 18 až 20 pro pásma 125 až 4000 Hz . . . . .	39
2.9	Průběhy hladin akustického tlaku $L$ (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - výchozí (naměřené) hodnoty . . . . .	40
2.10	Průběhy hladin akustického tlaku $L$ (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - hodnoty po vyrovnání na 80 Hz v pásmu 1000 Hz . . . . .	41



2.11	Průběhy hladin akustického tlaku $A L_A$ (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - výchozí (naměřené) hodnoty $L$ (dB) po započtení korekce $K_A$ (dB) . . . . .	42
2.12	Průběhy hladin akustického tlaku $A L_A$ (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - hodnoty po vyrovnaní na 80 Hz v pásmu 1000 Hz . . . . .	43
2.13	Plány variant VAR_01-07 místnosti příjmu zvuku M2 . . . . .	45
2.14	Schémata posuzovaných dělicích konstrukcí . . . . .	47
2.15	Graf hodnot vzduchové neprůzvučnosti posuzovaných dělicích konstrukcí . . . . .	49
2.16	Náhled prostředí Google Sheets . . . . .	50
2.17	Náhled prostředí při výpočtu doby dozvuku pro M2 - VAR_02 . . . . .	51
2.18	Náhled listu s výsledky pro M2 . . . . .	52
2.19	Náhled listu „VÝPOČET ZÁKLADNÍ“ . . . . .	52
2.20	Náhled listu „VÝPOČET VARIANT“ . . . . .	53
2.21	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 01 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	55
2.22	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 02 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	56
2.23	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 03 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	57
2.24	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 04 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	58
2.25	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 05 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	59
2.26	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 06 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	60
2.27	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 07 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	61
2.28	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 08 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	62
2.29	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 09 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	63
2.30	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 10 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	64
2.31	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 11 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	65
2.32	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 12 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	66

2.33	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 13 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	67
2.34	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 14 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	68
2.35	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 15 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	69
2.36	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 16 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	70
2.37	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 17 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	71
2.38	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 18 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	72
2.39	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 19 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	73
2.40	Graf výsledků $L_{A2}$ (dB) v oktávových pásmech pro zvuk 20 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	74
3.1	Interiér posuzované místnosti, BYT 01 . . . . .	76
3.2	Interiér posuzované místnosti, BYT 02 . . . . .	77
3.3	Interiér posuzované místnosti, BYT 03 . . . . .	79
3.4	Interiér posuzované místnosti, BYT 04 . . . . .	80
3.5	Interiér posuzované místnosti, BYT 05 . . . . .	81
3.6	Interiér posuzované místnosti, BYT 06 . . . . .	82
3.7	Půdorys BYT 01, stav bez vybavení, M 1:100 . . . . .	83
3.8	Půdorys BYT 01, stav včetně vybavení, M 1:100 . . . . .	84
3.9	Půdorys BYT 02, stav bez vybavení, M 1:100 . . . . .	85
3.10	Půdorys BYT 02, stav včetně vybavení, M 1:100 . . . . .	86
3.11	Půdorys BYT 03, stav bez vybavení, M 1:100 . . . . .	87
3.12	Půdorys BYT 03, stav včetně vybavení, M 1:100 . . . . .	88
3.13	Půdorys BYT 04, stav bez vybavení, M 1:100 . . . . .	89
3.14	Půdorys BYT 04, stav včetně vybavení, M 1:100 . . . . .	90
3.15	Půdorys BYT 05, bez vybavení (výše) a včetně vybavení (níže), M 1:100 . . . . .	91
3.16	Půdorys BYT 06, stav bez vybavení , M 1:100 . . . . .	92
3.17	Půdorys BYT 06, stav včetně vybavení, M 1:100 . . . . .	93
3.18	Výsledky posouzení $T_E$ (s) . . . . .	101

# Seznam tabulek

1.1	Střední kmitočty oktavových pásem a hodnoty korekcí váhového filtru zvukoměru [4] . . . . .	24
1.2	Činitel útlumu $m$ ( $m^{-1}$ ) při šíření ve vzduchu pro oktavová pásma v nor- málních atmosférických podmínkách (tlak 101,325 Pa, teplota 20°C) [5] .	27
2.1	Hladina akustického tlaku $L$ (dB) v M1 - výchozí (naměřené) hodnoty . .	40
2.2	Hladina akustického tlaku $L$ (dB) v M1 - hodnoty po vyrovnaní . . . . .	41
2.3	Hladina akustického tlaku A $L_A$ (dB) v M1 - výchozí (naměřené) hodnoty $L$ (dB) po započtení korekce $K_A$ (dB) . . . . .	42
2.4	Hladina akustického tlaku A $L_A$ (dB) v M1 - hodnoty po vyrovnaní . . . .	43
2.5	Vstupní hodnoty činitele pohltivosti $\alpha$ (-) [4] a [7] . . . . .	46
2.6	Hodnoty vzduchové neprůzvučnosti posuzovaných dělicích konstrukcí . .	49
2.7	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 01 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	55
2.8	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 02 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	56
2.9	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 03 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	57
2.10	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 04 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	58
2.11	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 05 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	59
2.12	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 06 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	60
2.13	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 07 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	61
2.14	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 08 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	62



2.15	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 09 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	63
2.16	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 10 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	64
2.17	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 11 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	65
2.18	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 12 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	66
2.19	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 13 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	67
2.20	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 14 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	68
2.21	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 15 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	69
2.22	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 16 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	70
2.23	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 17 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	71
2.24	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 18 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	72
2.25	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 19 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	73
2.26	Výsledné hodnoty $L_{A2}$ (dB) pro zvuk 20 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2 . . . . .	74
3.1	Výpočet doby dozvuku pro BYT 01, bez vybavení . . . . .	83
3.2	Výpočet doby dozvuku pro BYT 01, stav včetně vybavení . . . . .	84
3.3	Výpočet doby dozvuku pro BYT 02, bez vybavení . . . . .	85
3.4	Výpočet doby dozvuku pro BYT 02, stav včetně vybavení . . . . .	86
3.5	Výpočet doby dozvuku pro BYT 03, bez vybavení . . . . .	87
3.6	Výpočet doby dozvuku pro BYT 03, stav včetně vybavení . . . . .	88
3.7	Výpočet doby dozvuku pro BYT 04, bez vybavení . . . . .	89
3.8	Výpočet doby dozvuku pro BYT 04, stav včetně vybavení . . . . .	90
3.9	Výpočet doby dozvuku pro BYT 05, bez vybavení (výše) a včetně vybavení (níže) . . . . .	91
3.10	Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, bez vybavení . . . . .	92

3.11	Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, bez vybavení, vestavěné patro . . . .	92
3.12	Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, stav včetně vybavení . . . . .	93
3.13	Souhrn odpovědí na dotazník . . . . .	99

# Úvod

Prostorová akustika je obor stavební fyziky zabývající se šířením zvuku v uzavřených prostorech. V naprosté většině případů jde při návrhu objektů a místností ruku v ruce se stavební akustikou, která se věnuje šíření zvuku konstrukcemi v budovách. Zatímco pro rezidenční výstavbu existují přísné požadavky na akustické vlastnosti konstrukcí vymezující obytný prostor (vzduchová neprůzvučnost stěn, kročejová neprůzvučnost stropů), prostorová akustika těchto prostor nebývá dále řešena, už jen z prostého důvodu, že projekt v mnoha případech končí u návrhu holobytu (se základním vybavením kuchyňskou linkou, hygienickým zařízením, apod.) a množství a typ zařízení již nelze ve fázi obydlení projektem ošetřit. Projekt může mít doporučující charakter, avšak vkus a to, v jakém prostředí chceme a můžeme žít, je čistě individuální a zůstává v režii obyvatel.

Prostorová akustika obytných místností je normami stanovena pouze obecně a konkrétní požadavky na činitel pohltivosti povrchů konstrukcí místnosti či dobu dozvuku nejsou pro tento typ výstavby konkrétně stanoveny - existují pouze doporučení na optimální dobu dozvuku 0,5 s pro objem místnosti do 100 m<sup>3</sup>. Na národní úrovni se problematiku okrajově dotýká metodika SBToolCZ pro bytové domy, která uvádí doporučující opatření pro možné zlepšení akustiky obytných prostor - tato metodika však v současnosti není pro návrh nových či posuzování stávajících objektů závaznou.

Tato práce ve své první části shrnuje aktuální platné požadavky norem a doporučení uváděných v odborné literatuře vztahující se k dané problematice.

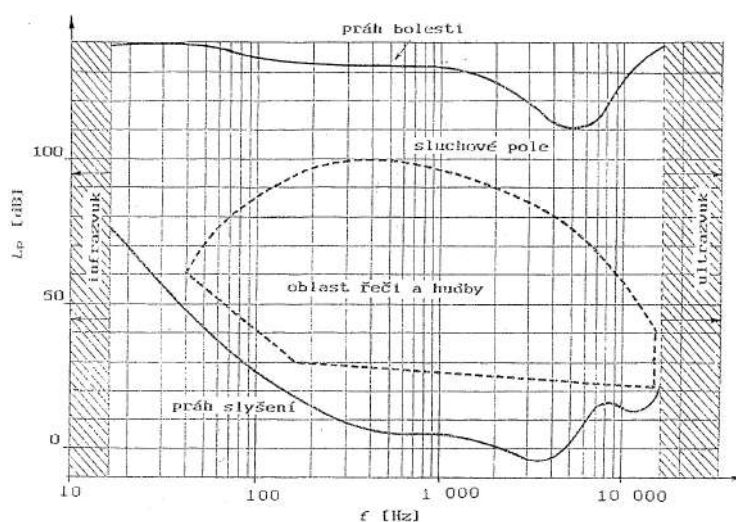
Druhá část je věnována tvorbě výpočetního modelu pro variantní posouzení vlivu rozdílných zvuků při přenosu přes vybrané typy konstrukcí do prostředí s variantní celkovou ekvivalentní plochou pohlcování na výslednou intenzitu a profil zvuku v posuzované obytné místnosti.

Poznatky z předešlých dvou částí jsou shrnuty a zapracovány do poslední - třetí části práce, která je věnována posouzení existujících obytných místností. Zde je, krom základního vyhodnocení doby dozvuku v dílčích místnostech, posouzen i subjektivní uživatelský komfort obyvatel.

# 1 Teorie akustiky - vybrané pojmy

## 1.1 Zvuk

Pojmem zvuk se rozumí tlakové změny šířící se vzduchem (kmitání částic prostředí) a vnímané sluchem. Šíření zvuku probíhá vlněním, do něhož se prostředí uvede sdílením kmitavého pohybu částic. K němu je vybuzeno např. lidským hlasem, dechovými nástroji, větrem nebo přenosem chvění jiného prostředí, v němž vznikají mechanickou cestou (zvuk zvonu), rozkmitanou strunou smyčcového nástroje nebo klavíru, nebo jiným prostředím, jímž zvukové vlny procházejí. Název zvuk je vhodný pouze pro podélné vlnění (jednotlivé vzduchové částice kmitají ve směru šíření zvuku) v plynech a kapalinách; v tuhých látkách je přenos zvuku nazýván chvěním - krom plynů a kapalin se tedy zvuk může šířit i pevnými tělesy, stavebními konstrukcemi, zemí, vodou apod. [1] [2]



Obrázek 1.1: Sluchové pole [1]

Pro vymezení rozsahu zvuku, který člověk schopen vnímat sluchem, je nutné znát definice dvou veličin - *kmitočet zvuku*  $f$  (Hz) a *hladina akustického tlaku*  $L$  (dB).



## 1.2 Kmitočet zvuku $f$ (Hz)

Při šíření zvuku podélným vlněním jednotlivé vzduchové částice kmitají ve směru šíření zvuku a vytvářejí místní zředění a zhušťování prostředí, ale nevzdalují se trvale od své klidové zóny. Vynucený pohyb první částice se postupně přenáší na sousední částice ve směru šíření zvuku. Okamžik maximálního vychýlení částic nenastává v celém prostředí současně, šíří se jím od místa vzniku. Rychlost tohoto šíření je označována jako *rychlost zvuku*  $c$  (m/s) - ta nezávisí na zvuku samém (jeho síle a výšce), je ovlivňována především fyzikálním stavem (závisí na teplotě, hustotě a barometrickém tlaku v prostředí). [2]

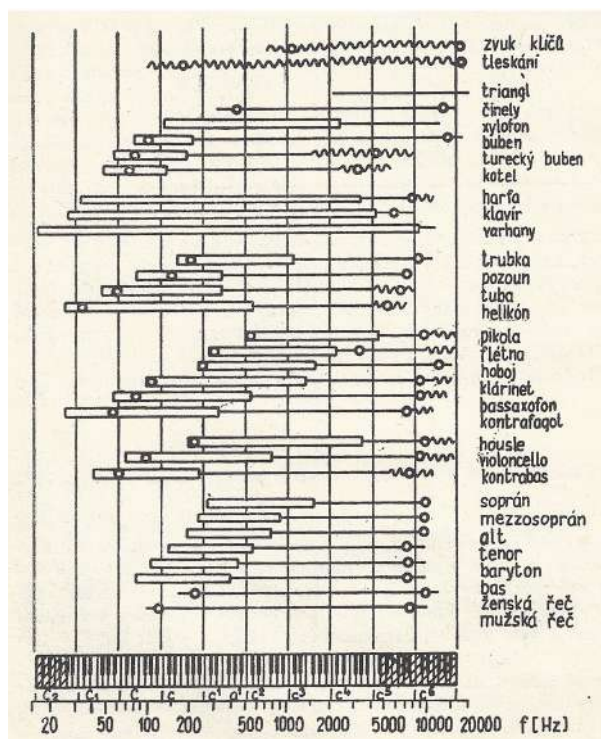
Rychlost zvuku by neměla být zaměňována s pojmem *akustická rychlost*  $v$  (m/s), který označuje rychlost kmitání částice kolem své rovnovážné (klidové) polohy. [1] [2]

Časový interval, v němž se kmity opakují, je označován jako *perioda* či *doba kmitu*  $T$  (s). Převrácenou hodnotou periody je *kmitočet zvuku*  $f$ , jednotkou kmitočtu je jeden kmit za sekundu, nebo-li *hertz* (Hz). Postupná vlna šířící se rychlostí  $c$  překoná za čas  $T$  vzdálenost vlnové délky  $\lambda$  (m): [1]

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T \quad (1.1)$$

Lidský sluch vnímá zvuk v rozsahu 20 až 20 000 Hz (ve stáří může být horní hranice snížena až o 5 000 Hz).

Běžné zvuky nebývají jediným čistým tónem tvořeným jediným kmitáním s jediným kmitočtem - u většiny hudebních nástrojů zní vždy současně řada čistých tónů, takové zvuky mají hudební charakter a jsou nazývány *složenými tóny*. Naopak zvuky, které vyvolávají nepříjemný nebo rušivý vjem nebo škodlivý účinek (bručení, hučení, šum, apod.), nazýváme souborně *hluk*. Kmitočtové rozsahy různých zdrojů zvuku jsou graficky znázorněny na obr. 1.2. [2]



Zdvojenou čarou je znázorněn rozsah základních tónů, jednoduchou čarou rozsah význačných harmonických a vlnovkou oblast nehudebních hlukových složek. Rozsah slyšitelných složek je rozdělen do deseti oktáv, pro názornost je připojena klaviatura (soustava klávek pro hru na klavír) s vyznačením rozsahu klavíru.

Obrázek 1.2: Kmitočtové rozsahy různých zdrojů zvuku [2]

### 1.3 Oktávová a třetinooktávová pásma

Ke sledování kmitočtového složení akustických veličin se pásmo slyšitelných kmitočtů dělí na jedenáct oktávových nebo třicet tři třetinooktávových pásem, z nichž každé je ohraničeno dolním kmitočtem  $f_1$  (Hz) a horním kmitočtem  $f_2$  (Hz), a charakterizováno středním kmitočtem  $f$  (Hz). Pro oktávová pásma platí vztah 1.2, pro třetinooktávová pak vztah 1.3. Střední kmitočet je stanoven vztahem 1.4.

$$\frac{f_2}{f_1} = 2 \quad (1.2)$$

$$\frac{f_2}{f_1} = 2^{\frac{1}{3}} \quad (1.3)$$

$$f = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (1.4)$$

Ve stavební akustice se využívá maximálně osmi oktávových pásem 63-8000 Hz, v urbanistické akustice jsou běžně využívána pásma 125-4000 Hz. Pro posouzení prostorové akustiky bývají pro náročnější prostory (divadla, koncertní sály) použita třetinooktávová pásma 63-8000 Hz, pro méně náročné prostory pak třetinooktávová pásma 125-4000 Hz. Akustika stavebních konstrukcí užívá šestnáct třetinooktávových tzv. zvukoizolačních pásem 100-3150 Hz. Běžně užívaná oktávová a třetinooktávová pásma jsou uvedena v tabulce 1.4. [1]

## 1.4 Hladina akustického tlaku $L$ (dB)

Zvuk se projevuje svou mohutností, výškou, délkou trvání a informačním obsahem, resp. mohutností (intenzitou) v závislosti na fyzikálních (kmitočet, čas) a informačních (okolnosti působení zvuku a vztahu posluchače k němu) proměnných. [1]

Základními veličinami, které vystihují mohutnost zvuku jsou:

- *akustický tlak*  $p$  (Pa) - efektivní hodnota střídavých změn statického (atmosférického) tlaku vzduchu, působených šířící se zvukovou vlnou; skalární veličina;
- *intenzita zvuku*  $I$  ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) - efektivní hodnota akustického výkonu zdroje vztaženého na jednotku normálové plochy; vektor - viz. obr. 1.3; u rovinných ploch a ve velkých vzdálenostech od bodového zdroje (v porovnání s vlnovou délkou) platí:

$$I = \frac{p^2}{\rho_o \cdot c_o} \quad (1.5)$$

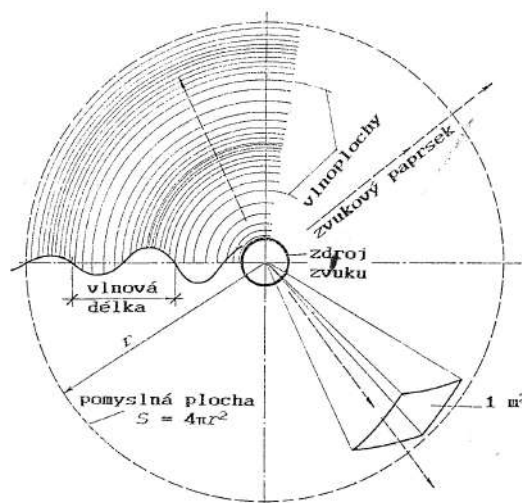
kde  $p$  (Pa) je akustický tlak v kmitočtovém pásmu;

$\rho_o$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) je objemová hmotnost vzduchu ( $\rho_o \approx 1,18 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ );

$c_o$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) je rychlost podélných vln ve vzduchu ( $c_o = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$\rho_o \cdot c_o$  ( $\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ) je vlnový odpor prostředí (vlnový odpor vzduchu

$Z_o = 401,2 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ). [1]



**Obrázek 1.3:** Intenzita zvuku na pomyslné ploše obklopující bodový zdroj [1]

Mohutnost zvuku se v technické praxi vyjadřuje *hladinou akustického tlaku*  $L$  (také bývá značena  $L_p$ ):

$$L = 10 \cdot \log \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \cdot \log \left( \frac{p}{p_0} \right) \quad (1.6)$$

kde  $p$  (Pa) je akustický tlak v kmitočtovém pásmu;

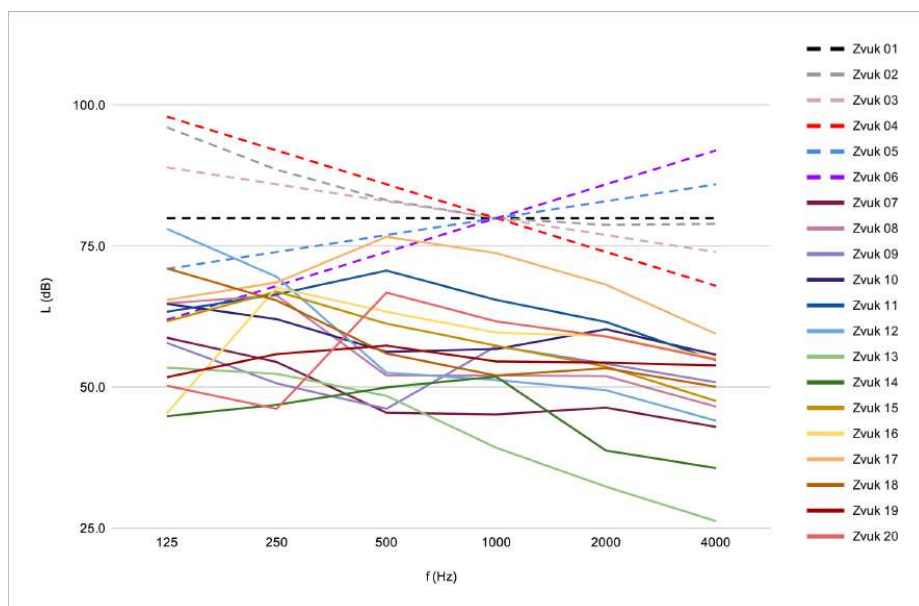
$p_0$  (Pa) je referenční hodnota akustického tlaku ( $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa). [1]

Vjem hlasitosti zvuku je úměrný logaritmu jeho intenzity. Akustický tlak a intenzita zvuku je proto obvykle vyjádřena v logaritmické škále. Jednotkou pro objektivní měření hladiny akustického tlaku, výkonu nebo hladiny hluku je 1 *decibel* (dB), veličina je poměrová (bezrozměrná):

$$1dB = \frac{1}{10} \log 10 = 1,26 \quad (1.7)$$

Takový poměr intenzit odpovídá sotva postřehnutelné změně hlasitosti. *Práh slyšení* je nejnížší hladina akustického tlaku určitého zvuku, jenž může vyvolat sluchový pocit (pro 1000 Hz je práh slyšení přibližně 0 dB). *Práh bolesti* je nejnížší hladina akustického tlaku určitého zvuku, jenž může vyvolat pocit bolesti (pro 1000 Hz je práh bolesti přibližně 140 dB). Oba prahy jsou funkcemi kmitočtu v pásmu slyšitelných kmitočtů 20-20000 Hz a vymezují spolu oblast slyšení, neboli *sluchové pole* (obr. 1.1). [1] [2]

Hladina akustického tlaku je snadno měřitelná a její měření je analogické přijímání zvuku uchem. Hladina akustického tlaku obecného zvuku není jednočíselnou hodnotou, nýbrž soustavou kmitočtově závislých hodnot, tedy *akustickým spektrem* této veličiny. [1]



**Obrázek 1.4:** Rozložení hodnot hladiny akustického tlaku  $L$  (dB) zvuků zpracovávaných v této práci napříč oktavovými pásmy 125 - 4000 Hz (viz. kapitola 2.1.1)

Pro stanovení hladiny akustického tlaku  $L$  (dB) při současném působení dvou a více různých zdrojů zvuku charakterizovaných hladinami  $L_1, L_2, \dots, L_n$  (dB) se používá operace označovaná jako energetický součet

$$L = 10 \log \left( 10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + \dots + 10^{0,1 \cdot L_n} \right) = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_i} \quad (1.8)$$

Obdobně lze pro zjištění hladiny akustického tlaku zdroje zvuku  $L_2$  (dB) bez vlivu pozadí charakterizovaného hladinou  $L_1$  (dB) použít energetický rozdíl, operace má však vypovídající účinek pouze pro rozdíl hladin alespoň 4 dB. [4]

$$L_2 = 10 \log \left( 10^{0,1 \cdot L_{celk}} - 10^{0,1 \cdot L_1} \right) \quad (1.9)$$



## 1.5 Hladina akustického tlaku $A$ $L_A$ (dB)

Signály se stejnou objektivní intenzitou ale s nesterjnou kmitočtovou skladbou jsou běžným posluchačem zaznamenávány jako nesterjně intenzivní. Nejcitlivěji (a nejvěrněji skutečnosti) je zvuk posluchačem vnímán v oblasti 1000 Hz, kde se přibližně nachází těžiště kmitočtového rozsahu řeči a hudby (viz. obr. 1.1). Pokusem o přiblížení měřicí techniky tomu, jak posluchač zvuk vnímá, je využití váhového filtru  $A$ , který při měření zvukoměrem s potenciometrem přepnutým na režim  $A$  aplikuje naměřené hodnoty v třetinooktávových pásmech korekci  $K_A$  (dB). V oblasti 1000 Hz je korekce nulová (lidské ucho nejcitlivější), nejvyšších záporných hodnot dosahuje korekce při nejnižších kmitočtech (-56,7 dB pásu 16 Hz). Takto změřená hodnota odpovídá veličině *hladina akustického tlaku  $A$*   $L_A$  (dB).

**Tabulka 1.1:** Střední kmitočty oktavových pásem a hodnoty korekcí váhového filtru zvukoměru [4]

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
KA (dB)	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0

Krom měření lze pomocí korekce  $K_A$  také hodnotu hladiny akustického tlaku  $A$  vypočítat užitím vztahu:

$$L_A = 10 \cdot \log \sum_{j=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_j + K_{Aj})} \quad (1.10)$$

kde  $L_j$  (dB) je hladina akustického tlaku v  $j$ -tém z  $n$  kmitočtových pásem;  
 $K_{Aj}$  (dB) je korekce váhového filtru  $A$  zvukoměru v  $j$ -tém z  $n$  kmitočtových pásem. [1]

## 1.6 Doba dozvuku $T$ (s)

V uzavřených prostorech zvuk dospívá k uchu posluchače s různým zpožděním a s různou zvukovou intenzitou oproti zvuku šířícímu se přímo ze zdroje k posluchači. V těchto prostorech proto slyšíme zvuk déle a vnímáme silněji než ve zcela volném prostranství.

*Dozvukem* označujeme postupné snižování hladiny  $L$  (dB) v poli odražených vln v uzavřeném prostoru po vypnutí zdroje zvuku. Tento jev může trvat dlouho (teoreticky nekonečně dlouhou dobu) a pozorování dozvuku končí, když snižující se hladina  $L$  (dB) zanikne ve zvukovém pozadí místa (doplnit zvukové pozadí). *Dobou dozvuku*  $T$  (s) je označován čas, za který hladina akustického tlaku  $L$  (dB) v poli odražených vln v uzavřeném prostoru po vypnutí zdroje zvuku poklesne o 60 dB. [2] [4]

Závislost doby dozvuku  $T$  (s) na objemu  $V$  (m<sup>3</sup>) uzavřeného prostoru a pohltivosti povrchů  $A$  (m<sup>2</sup>) stanovil Sabin vztahem

$$T_S = 0,163 \frac{V}{A} \quad (1.11)$$

$A$  (m<sup>2</sup>) je celková zvuková pohltivost prostoru, a jakožto veličina je absolutním ukazatelem schopnosti obvodových konstrukcí pohlcovat část akustického výkonu v určitém kmitočtovém pásmu (někdy také nazývaná *ekvivalentní pohltivá plocha*).  $A$  (m<sup>2</sup>) závisí na ploše  $S$  (m<sup>2</sup>) povrchů v uzavřeném prostoru a středním činiteli pohltivosti  $\alpha_m$  (-) těchto povrchů

$$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots + \alpha_n \cdot S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i \quad (1.12)$$

$$\alpha_m = \frac{A}{\sum S} \quad (1.13)$$

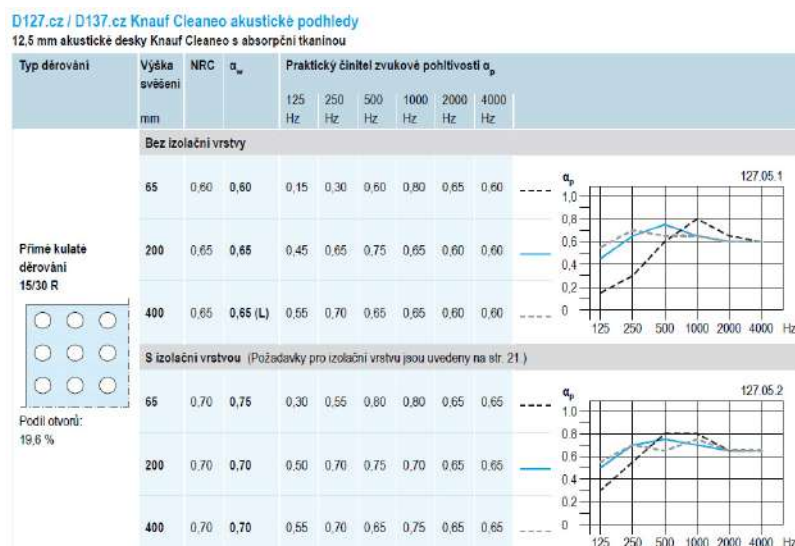
kde  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$  (-) jsou činitele pohltivosti různých povrchů nebo jejich částí;

$S_1, S_2, S_n$  (m<sup>2</sup>) jsou plochy těchto povrchů nebo jejich částí;

$\sum S$  (m<sup>2</sup>) je součet všech povrchů uzavřeného prostoru. [1] [4]

*Činitel pohltivosti*  $\alpha$  (-) je veličinou popisující schopnost konstrukce pohltit část akustického výkonu dopadající vlny pro dílčí kmitočtové pásmo. Údaje o pohltivosti běžných povrchů a materiálů (např. omítka na cihelném zdivu či dřevotříska) lze nalézt v odborné literatuře, pro akustické podhledy či obklady jsou údaje o pohltivosti k nalezení v podkladech výrobců. Prvky s obtížně definovatelnou plochou (křeslo, židle, osoba) lze popsat přímo hodnotou pohltivosti na jednotku. Hodnoty činitele pohltivosti  $\alpha$  nebo pohltivosti  $A$

jsou uváděny nejčastěji pro oktávová pásma 125-4000 Hz, proto i výpočet je prováděn pro každé oktávové pásmo a hodnota doby dozvuku  $T$  se pro každé pásmo liší. Ve speciálních případech lze dobu dozvuku počítat pro třetinooktávová pásma, jejichž střední kmitočty mohou pokrývat širší oblast než rozsah doporučený pro oktávová pásma. [1] [5]



**Obrázek 1.5:** Příklad katalogového vyobrazení průběhu činitele pohltivosti  $\alpha$  (-) akustického podhledu výrobce Knauf [3]

Sabinův vzorec je dostatečně přesný pro prostory, které nejsou opatřeny obklady pohlcujícími zvuk (prostory, kde  $\alpha_m < 0,2$  až  $0,3$ ), proto se pro výpočet doby dozvuku používá zpřesňujícího Eyringova vzorce, který vyhovuje i pro prostory s  $\alpha_m$   $0,3$  až  $0,8$ , a který je také předepsán normou ČSN 73 0525: *Akustika - Projektování prostorové akustiky - Všeobecné zásady* [2] [5]:

$$T_E = 0,163 \frac{V}{\alpha_E \cdot \sum S} = 0,163 \frac{V}{-\sum S \cdot \ln(1 - \alpha_m)} \quad (1.14)$$

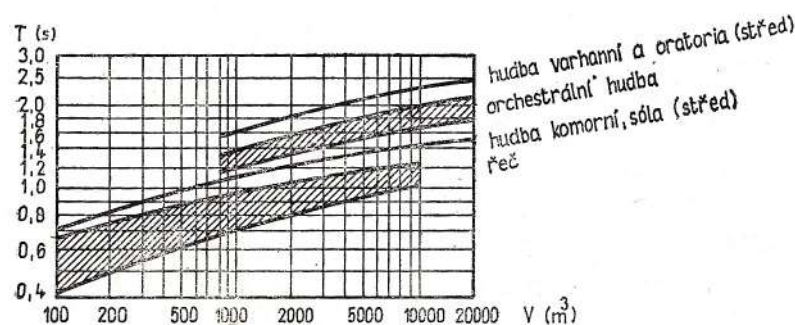
U uzavřených prostorů (např. auditoria) s objemem přesahujícím  $2000 \text{ m}^3$  je při výpočtu nutné uvažovat pohltivost vzduchu pro kmitočty  $2000 \text{ Hz}$  a výše. Vztah 1.14 se doplňuje o vliv činitele útlumu zvuku ve vzduchu  $m$  ( $\text{m}^{-1}$ ) (jehož hodnota závisí na kmitočtu, teplotě a vlhkosti vzduchu) a objemu uzavřeného prostoru  $V$  ( $\text{m}^3$ ) [4]

$$T_E = 0,163 \frac{V}{-\sum S \cdot \ln(1 - \alpha_m) + 4mV} \quad (1.15)$$

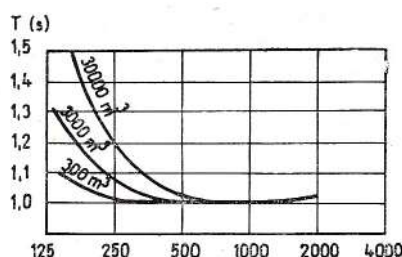
**Tabulka 1.2:** Činitel útlumu  $m$  ( $m^{-1}$ ) při šíření ve vzduchu pro oktařová pásma v normálních atmosférických podmínkách (tlak 101,325 Pa, teplota 20°C) [5]

f (Hz)	Relativní vlhkost (%)										
	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1000	0,0041	0,0025	0,0018	0,0013	0,0012	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0013	0,0013
2000	0,0137	0,0095	0,0067	0,0041	0,0031	0,0027	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0023
4000	0,0297	0,0295	0,0242	0,0161	0,0118	0,0094	0,0079	0,0069	0,0063	0,0058	0,0055

Doba dozvuku je běžně vyhodnocována pro široké spektrum účelových staveb a prostorů, kde kvalita akustiky prostoru hraje velkou roli - koncertní haly, školská zařízení (auly, třídy), výrobní provozy, kancelářské prostory, apod. Požadavek na optimální hodnotu činitele pohltivosti  $\alpha$  dobu dozvuku  $T_O$  (s) se odvíjí od konkrétního typu reprodukováného zvuku (řeč, komorní či varhanní hudba) a velikosti uzavřeného prostoru (definováno objemem). Optimální dobu dozvuku pro dílčí typy provozů stanoví norma ČSN 73 0527: *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely*. [6]



**Obrázek 1.6:** Závislost optimální doby dozvuku  $T_O$  (s) na objemu uzavřeného prostoru  $V$  ( $m^3$ ) pro kmitočet 1000 Hz. [2]



**Obrázek 1.7:** Relativní optimální průběh doby dozvuku pro různé kmitočty a různé objemy. [2]

Pro obytné objekty (tedy rodinné či bytové domy) nejsou limity  $T_O$  (s) normou přesněji stanoveny, lze je však rámcově odvodit z obr. 1.6, kde je pro řeč a místnosti do objemu  $100 \text{ m}^3$  uvedeno rozmezí  $T_O$  0,4 až 0,75 s. To, že neexistují přesnější požadavky na  $T_O$  (s) pro obytné místnosti lze přisuzovat především skutečnosti, že projekt v mnoha případech končí u návrhu holobytu (se základním vybavením kuchyňskou linkou, hygienickým zařízením, apod.) a množství a typ zařízení již nelze ve fázi obydlení projektem ošetřit. Projekt může mít doporučující charakter, avšak vkus a to, v jakém prostředí chceme a můžeme žít, je čistě individuální a zůstává v režii obyvatel konkrétních bytů a domů.

Tématu akustické pohody v bytových stavbách se dotýká i metodika SBToolCZ pro bytové domy, která popisuje postup hodnocení předmětných staveb z hlediska zvukové izolace (tedy hodnocení konstrukcí na vzduchovou neprůzvučnost a kročejový hluk), hluku v místnosti a prostorové akustiky. Hodnocení prostorové akustiky je zde řešeno prostým dělením bytů do dvou základních tříd:

- třída  $A_3$ , která přísluší bytům/objektům, které budou mít k dispozici informační leták či brožuru s popisem vlivu pohltivých materiálů a objektů na prostorovou akustiku, a která je hodnocena maximem deseti kredity;
- třída  $D_3$ , která zahrnuje všechny ostatní byty, kde uvedená problematika není pomocí letáku či brožura řešena, a která je hodnocena minimem kreditů. [8]

Uvedené hodnocení chybí v metodice SBToolCZ pro hodnocení rodinných domů (ač byly obě publikace vydány ve stejný rok) - hodnocení se zde omezuje pouze na posouzení z hlediska zvukové izolace a hluku v místnosti. [9]

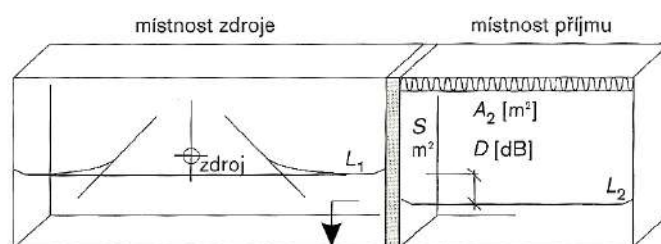
## 1.7 Vzduchová neprůzvučnost

Vzduchovou neprůzvučností je označována vlastnost svislé dělící konstrukce (např. mezi-bytová stěna, příčka), která vede ke ztrátě akustického výkonu zvuku při přenosu z místnosti zdroje zvuku (1) přes zmíněnou dělící konstrukci do místnosti příjmu zvuku (2). Označí-li se hladina akustického tlaku v místnosti zdroje  $L_1$  (dB) a v místnosti příjmu  $L_2$  (dB), pak na rozdíl hladin  $D = L_1 - L_2$  (dB) budou mít rozhodující vliv zvukoizolační vlastnosti charakterizované *činitelem průzvučnosti*  $\tau$  (-)

$$\tau = \frac{W_t}{W_i} \quad (1.16)$$

kde  $W_t$  (W) je akustický výkon části vlny přenesené (vyzařené) do sousedního (chráněného) prostoru;

$W_i$  (W) celkový akustický výkon dopadající na stěnu. [1] [4]



**Obrázek 1.8:** Model výpočtu neprůzvučnosti [4]

Hodnoty  $\tau$  (-) s rostoucím kmitočtem klesají, obecně také dosahují velmi malých hodnot, proto je vhodnější vyjadřovat izolační schopnosti svislých konstrukcí proti zvuku šířenému vzduchem pomocí veličiny *neprůzvučnost*  $R$  (dB) (též *stupeň vzduchové neprůzvučnosti*), která představuje soubor zpravidla šestnácti hodnot v třetinooktávových pásmech zvukoizolační kmitočtové oblasti 100-3150 Hz

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right) = 10 \log \left( \frac{W_i}{W_t} \right) \quad (1.17)$$

Krom hladin akustického tlaku  $L_1$  a  $L_2$  (dB) a činitele neprůzvučnosti  $\tau$  (-) se při výpočtu  $R$  (dB) uplatní i plocha dělicí konstrukce  $S$  (m²) a celková pohltivost  $A_2$  (m²) místnosti příjmu zvuku - zvuková energie, která vnikne do uzavřeného prostoru, v něm vytvoří zvukovou hustotu závisající také na akustických vlastnostech prostoru. [2] [4]

$$L_2 = L_1 - R + 10 \log \left( \frac{S}{A_2} \right) \quad (1.18)$$

Pokud tedy známe hladinu akustického tlaku v místnosti zdroje  $L_1$  (dB), neprůzvučnost dělicí konstrukce a akustické vlastnosti přijímací místnosti, lze pomocí vztahu 1.18 vypočítat hladinu akustického tlaku  $L_2$  (dB) v místnosti příjmu. Podobně jako u všech veličin

zmíněných v předchozích kapitolách je i zde nutné provádět výpočet v jednotlivých oktávových či třetinooktávových pásmech. [1] [4]

Hodnoty neprůzvučnosti změřené na konstrukci v reálných podmínkách mohou být oproti hodnotám naměřeným v laboratorních podmínkách nebo stanoveným výpočtem nižší. Příčinou bývá rozdíl provedení konstrukcí na stavbě a v laboratoři, především je však rozdíl dán vedením zvuku bočními cestami, tedy mimo hodnocenou dělicí konstrukci. Veličina *neprůzvučnost*  $R$  (dB) proto označuje pouze případy, kde posuzována pouze předmětná konstrukce (bez započtení bočních cest); v případech, kdy jsou krom hlavní uvažovány i vedlejší cesty, je používána veličina *stavební neprůzvučnost*  $R'$  (dB). [4]

Stavební neprůzvučnost  $R'$  (dB) lze stanovit odečtením korekce  $C$  (dB) od hodnoty  $R$  (dB)

$$R' = R - C \quad (1.19)$$

přičemž hodnota  $C$  (dB) je dána typem dělicí konstrukce - pro jednoduché silikátové konstrukce (betony, zdivo, lehké betony, sádra, apod.), u kterých je předpokládáno utěsnění styků v celé ploše maltou nebo tmelem, je korekce uvažována 2-3 dB, pro obvodové konstrukce je pak korekce nulová. [4]

Hodnoty  $R$  (dB) mají pro různé typy konstrukcí různý průběh, obecně však platí, že konstrukce hůře odolávají nízkým a lépe vysokým kmitočtům - průběh  $R$  (dB) (většinou, avšak ne bezpodmínečně) roste s rostoucím kmitočtem, závislost však není lineární. Hodnocení  $R$  (dB) probíhá ve zvukoizolačním pásmu vymezeném třetinooktávovými pásmy 100 - 3150 Hz. Hodnoty jsou vynášeny do normalizovaného grafu spolu s hodnotami *směrné křivky*  $S_K$  (dB), která slouží pro stanovení jednočíselné hodnoty - *stavební neprůzvučnosti*  $R_w$  (dB). Postup pro získání hodnoty  $R_w$  (dB) je podrobně uveden v [1], tento postup je pro hodnocení  $R_w$  (dB) jednovrstvých konstrukcí užíván i v SW Neprůzvučnost 2010, který je určen pro teoretické posouzení vzduchové a kročejové neprůzvučnosti stavebních konstrukcí.

Pro posouzení vzduchové neprůzvučnosti konstrukcí a toho, zda jsou vhodné pro použití pro určité typy stěn (např. mezibytová dělicí stěna), slouží parametr *vážené stavební neprůzvučnosti*  $R'_w$  (dB), který je získán odečtem korekce  $k$  (dB) od hodnoty  $R_w$  (dB).

Ta může při měření v laboratorních podmínkách vycházet vyšší než ve skutečnosti a korekci  $k$  (dB) má být snížena na hodnotu bližší realitě. [12]

$$R'_w = R_w - k \quad (1.20)$$

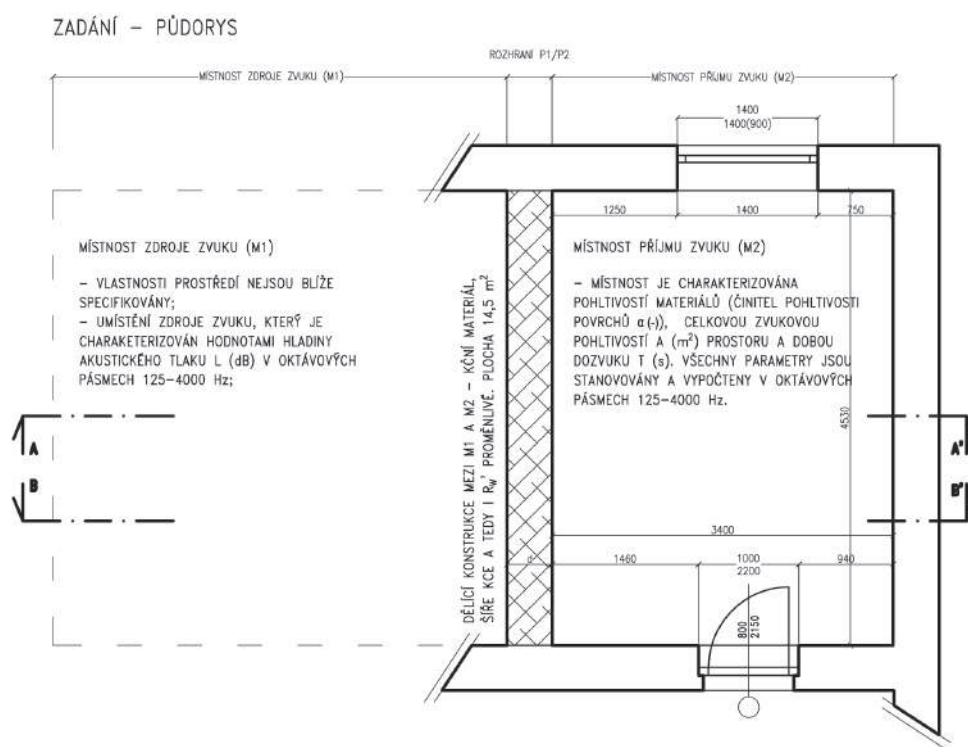
kde  $k$  (dB) nabývá hodnot 2-8 dB v závislosti na typu materiálu a způsobu zabudování konstrukce. [12]

S hodnotami  $R'_w$  (dB) pracuje norma ČSN 73 0532 [12], která pomocí této veličiny stanovuje minimální požadavky na různé typy obvodových a dělících konstrukcí pro různé typy objektů. V následujících částech práce jsou uvažovány především stěny mezi dvěma místnostmi sousedících bytových jednotek, pro které je minimální hodnota  $R'_w$  normou ČSN 73 0532 stanovena na 53 dB pro běžnou, resp. 52 dB pro starší (především panelovou) výstavbu, kde není možné provést dodatečné zvukově izolační opatření. [12]



## 2 Výpočetní model

Pro variantní posouzení vlivu rozdílných zvuků při přenosu přes vybrané typy konstrukcí do prostředí s variantní celkovou ekvivalentní plochou pohlcování na výslednou intenzitu a profil zvuku v posuzované obytné místnosti byl sestaven model umožňující simulaci všech níže popsanych variant zdrojů zvuku, dělících konstrukcí a podmínek v místnosti příjmu zvuku.



**Obrázek 2.1:** Výpočetní model - půdorys

Výpočet je prováděn pomocí vztahu 1.18, na kterém je uvedený model založen. Posouzení všech uvažovaných veličin probíhá v šesti oktávových pásmech 125 až 4000 Hz, jsou tedy zahrnuta dvě pásma nízkých (125 a 250 Hz), středních (500 a 1000 Hz) a vysokých (2000 a 4000 Hz) kmitočtů. Výpočet byl prováděn v oktávových pásmech především

pro svou názornost - uvažované zvuky, materiály stěn i zařízení mají napříč pásmy proměnlivé charakteristiky (různé křivky akustického spektra) - pokud by bylo posouzení prováděno pouze jednočíselně, řada poznatků by byla poměrně krátkozraká a nevypovídající o celkové posuzované situaci. Přesto - krom vyhodnocení v rámci oktavových pásem byly podle vztahu 1.8 vypočteny i jednočíselné hodnoty  $L$  nebo  $L_A$  (dB).

## 2.1 Místnost zdroje zvuku (M1)

V místnosti zdroje zvuku (M1) je umístěn zdroj zvuku, charakterizovaný  $L$  nebo  $L_A$  (dB) v poli odražených vln. Místnost není blíže charakterizována, parametry (objem místnosti, plochy obvodových konstrukcí) nejsou blíže popsány.

Zdroje zvuku v M1 byly zvoleny tak, aby v dostatečné míře pokryly širokou škálu zvuků vyskytujících se v obytných budovách (tedy hudba, řeč, zvuky ze zařizovacích předmětů, apod.), a zároveň měly dostatečně různorodý profil dílčích  $L$  nebo  $L_A$  napříč oktavovými pásmy. Rozmanitý výběr zvuků by měl umožnit lepší pochopení reakce různých typů dělících konstrukcí a různých prostředí na ně - tedy které ze zvuků jsou běžné konstrukce schopny samy dostatečně utlumit, a pro které je nutné řešit další akustická opatření.

### 2.1.1 Hladina akustického tlaku v M1

Pro stanovení průběhu  $L$  nebo  $L_A$  (dB) v oktavových pásmech pro dílčí zvuky bylo provedeno měření těchto zvuků pomocí zvukového analyzátoru NTI Audio AL1 Acoustilyzer (obr. 2.2), který mimo jiné umožňuje analýzu zvukového spektra v reálném čase pro oktavová nebo třetinoctavová pásma. Měření probíhalo na FSv ČVUT v Praze, v učebně A534. Vybrané zvuky (07-20) byly reprodukovány prostřednictvím místní audio sestavy; zvuky 01-06 jsou obecně známými charakteristickými šumy.

Měření bylo prováděno pro veličinu v hladina akustického tlaku  $L$  (dB) - při měření tedy nebyla v rámci zvukového analyzátoru uvažována korekce  $K_A$  (dB). Přepoččet na  $L_A$  (dB) byl proveden posléze pro všechny měřené zvuky. Pro lepší a přehlednější porovnání naměřených hodnot  $L$  bylo provedeno vyrovnaní (přepočtení) hodnot na stejnou úroveň -

křivky zvuků 07-20 byly pro oktávové pásmo 1000 Hz (pro které je  $K_A$  nulová) přepočteny (posunuty) na hodnotu 80 dB (spektrální charakteristika zvuku v rámci spektra zůstává stejná i se změnou hlasitosti). Zvuky 01-06 (šumy) již byly zadány s hodnotou  $L = 80$  dB pro pásmo 1000 Hz. Veškeré zmíněné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 2.1 - 2.4 a vyneseny v příslušných grafech 2.9 - 2.12.



**Obrázek 2.2:** Zvukový analyzátor NTI Audio AL1 Acoustilyzer

Měření zvuků 07 až 20 byla prováděna vždy opakovaně, pro charakteristický (konstantní) úsek skladby v délce trvání do 30 s. Výsledky byly pomocí vztahu (doplnit energ. průměr) zprůměrovány, další výpočty byly prováděny již s výslednými hodnotami. Měření reprodukce zvukových stop v celém rozsahu by pro výsledný výpočet nemělo dostatečnou vypovídající hodnotu - výběrem většího množství kratších, zato charakterem rozmanitějších, úseků bylo možné lépe obsáhnout celou škálu zvuků/hluků, které se v obytných budovách mohou vyskytovat, a lépe tak simulovat odezvu konkrétního prostředí a dělicí konstrukce na ně.

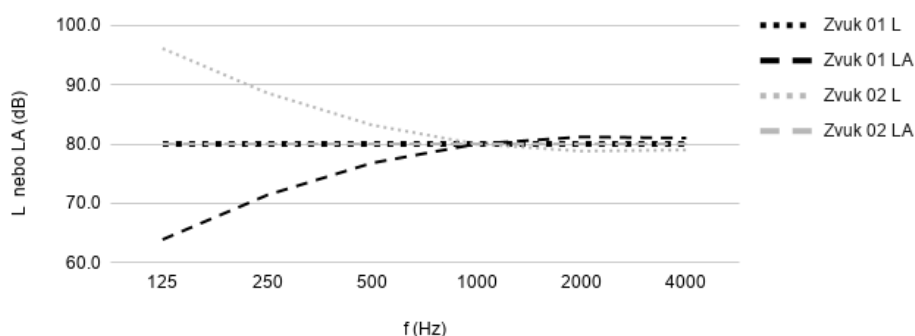
#### **2.1.1.1 Zvuk 01 - Bílý šum**

Podobně jako je bílé světlo světlo složeno ze všech frekvencí (barev), je bílý šum složen ze všech zvukových frekvencí (odtud označení „bílý“). Je charakterizován stejnou hodnotou  $L$  pro všechna oktávová pásma, zde zvoleno 80 dB. V praxi se využívá pro maskování hovoru (protože lidský mozek není schopen vnímat větší množství jednoduchých

frekvencí), testování audio techniky (např. mikrofonů, kde tímto způsobem lze zjistit, zda zařízení reaguje na všechny frekvence pro danou šířku pásma). [10] [11]

### 2.1.1.2 Zvuk 02 - Šedý šum

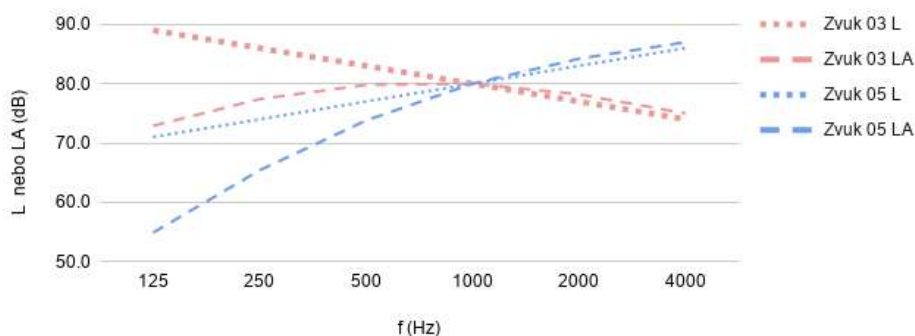
Na rozdíl od bílého šumu, který má ve všech oktávových pásmech stejnou energii, je šedý šum charakterizován jako zvuk, který lidské ucho vnímá se stejnou intenzitou ve všech oktávových pásmech - rovny jsou si hodnoty  $L_A$  ve všech pásmech. [10]



**Obrázek 2.3:** Spektrální charakteristika bílého a šedého šumu pro pásma 125 až 4000 Hz

### 2.1.1.3 Zvuk 03 a 05 - Růžový a modrý šum

Známý také jako  $1/f$  šum či kmitající šum, kde při zdvojnásobení frekvence klesne energie o 3 dB (energie je stejná ve stejně širokých logaritmických pásmech). V praxi se využívá pro maskování řeči či pro testování zvukové techniky, kde lze pomocí něj otestovat celou škálu využitelných frekvencí bez rizika poškození výškového reproduktoru. Přirozeně se vyskytuje např. jako srdeční rytmus, šum z dopravy, v elektronice, apod.



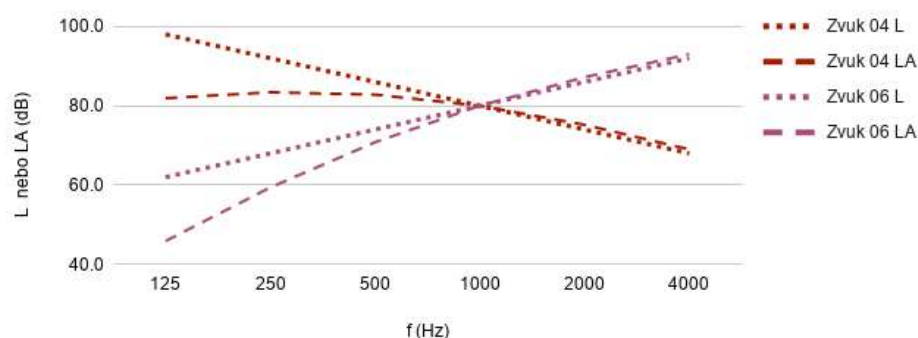
**Obrázek 2.4:** Spektrální charakteristika růžového a modrého šumu pro pásma 125 až 4000 Hz

Opakem je modrý/azurový šum, kde je výkon šumu přímo úměrný rostoucí frekvenci - tedy s vyšším kmitočtovým pásmem roste hodnota  $L$  o 3 dB. [10]

#### 2.1.1.4 Zvuk 04 a 06 - Červený a fialový šum

Červený šum (známý též jako  $1/f^2$  šum nebo šum vody), je takový šum, kde při zdvojnásobení frekvence klesne energie o 6 dB. Signál podobný tomuto šumu se vyskytuje při Brownovu pohybu - odtud pojmenování hnědý šum (není zde tedy analogie k barevnému spektru). V přírodě se přirozeně vyskytuje v podobě hřmění, zvuku vln či větru; v praxi se využívá při kontrole subwooferů či ve zdravotnictví k léčbě zvýšené citlivosti na běžné zvuky životního prostředí či maskování zvonění v uších.

Opakem červeného šumu je fialový šum, kde se při zdvojnásobení frekvence hodnota hladiny akustického tlaku  $L$  zvýší o 6 dB. [10]



**Obrázek 2.5:** Spektrální charakteristika červeného a fialového šumu pro pásma 125 až 4000 Hz

#### 2.1.1.5 Zvuk 07 - Hans Zimmer: Inseption Madley

Zvuková stopa vybrána jako zástupce instrumentální (orchestrální) hudby. Napříč akustickým spektrem má zvuk s rostoucím kmitočtem převážně klesající charakter s výchylnou k vyšším hodnotám v pásmu 1000 Hz.

#### 2.1.1.6 Zvuk 08 - The M Machine: Superflat

První zástupce elektronické hudby. Měřených je úvodních 30 s skladby. Nejvyšších hodnot je dosahováno v nízkých oktavových pásmech, s rostoucím kmitočtem intenzita klesá.

#### **2.1.1.7 Zvuk 09 - Pendulum: Showdown**

Druhý zástupce elektronické hudby. Měřen byl úvodní úsek kombinující bicí a mužský zpěv - nejvyšších hodnot  $L$  bylo dosaženo v pásmu 125 a 1000 Hz - lze tedy předpokládat, že zvuk v pásmu bude příznivě redukován korekcí  $K_A$ , bude ale také špatně tlumen dělicí konstrukcí; pro 1000 Hz jsou korekce  $K_A$  nulové - hodnota  $L$  je rovna  $L_A$ , skladba je tedy nejhlasitější (nejvýraznější) v pásmu, na které je lidský sluch nejvíce citlivý.

#### **2.1.1.8 Zvuk 10 - Blood Red Shoes: Colours Fade**

Zástupce rock žánru. Měřeno bylo úvodní sólo na elektrickou kytaru - křivka spektra je charakteristická malými výkyvy, nejvýraznějšími jsou oblasti 125 a 4000 Hz.

#### **2.1.1.9 Zvuk 11 - Lucius: Woman (acoustic)**

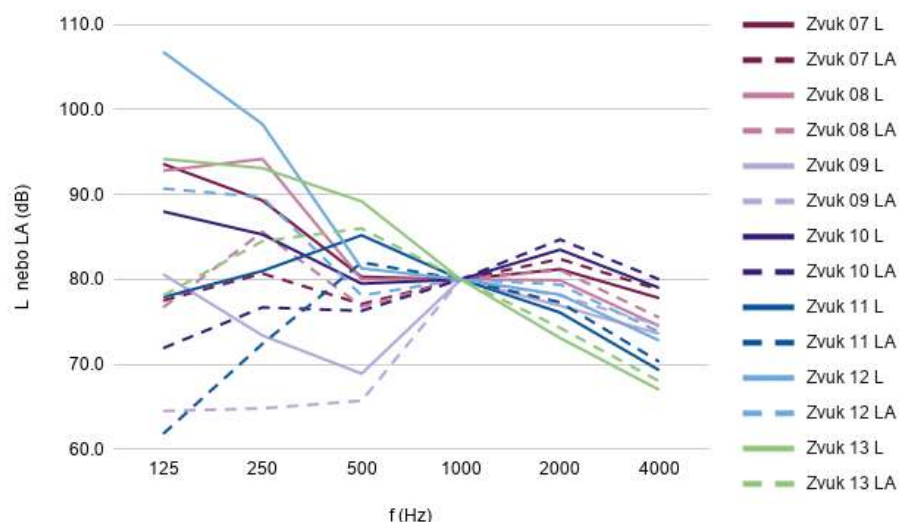
V měřené úvodní části skladby je spojena hra na akustickou kytaru s ženským zpěvem - křivka spektra stoupá k nejvyšším hodnotám  $L$  v pásmu 500 Hz a odtud opět klesá k nejnižší hodnotě, které dosahuje v 4000 Hz.

#### **2.1.1.10 Zvuk 12 - Pirates Of The Caribbean: Double Bass Solo**

Skladba s dominantní složkou basů (hra na kontrabas), což odpovídá i průběhu křivky akustického spektra - nejvyšších hodnot  $L$  je dosaženo v pásmu 125 Hz, nejnižších v pásmu 4000 Hz, přičemž rozdíl mezi oběma hodnotami je 34 dB. I zde lze tedy předpokládat, že útlum vlivem vzduchové neprůzvučnosti a pohltivosti bude velmi mírný (tedy nedostatečný), nízká pásma jsou však také zatížena nejvyšší korekcí  $K_A$ .

#### **2.1.1.11 Zvuk 13 - Jamiroquai: Time Wont Wait (Bass Cover)**

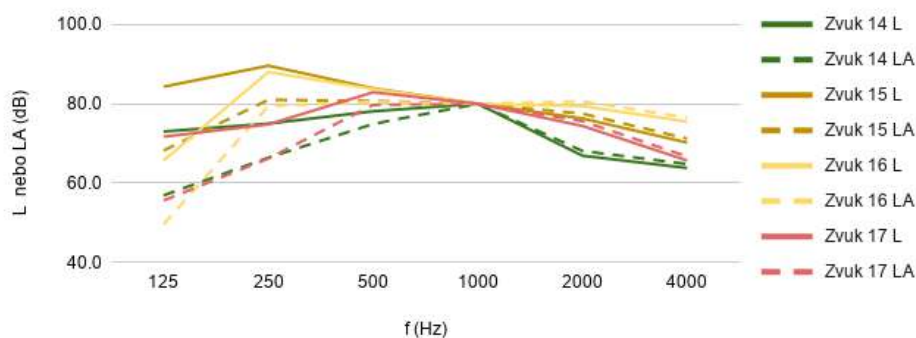
Zvuk 13 je průběhem velmi podobný zvuku 12 - jedná se o hru na basovou kytaru, maximum  $L$  je tedy dosahováno v nejnižších kmitočtových pásmech, naopak minimum je v pásmu 4000 Hz (rozdíl 26 dB).



**Obrázek 2.6:** Spektrální charakteristiky zvuků 07 až 13 pro pásma 125 až 4000 Hz

#### 2.1.1.12 Zvuky 14-17 - Ženský a mužský monotónní a zvýšený hlas

Měření běžné řeči probíhalo pro klidnou, pokud možno monotónní, řeč při čtení. Pro účely této práce byly hlasy zastoupeny osobami provádějícími měření - ženská řeč náležející Bc. Ponomarenko, mužská náležející Ing. Vychytilovi.

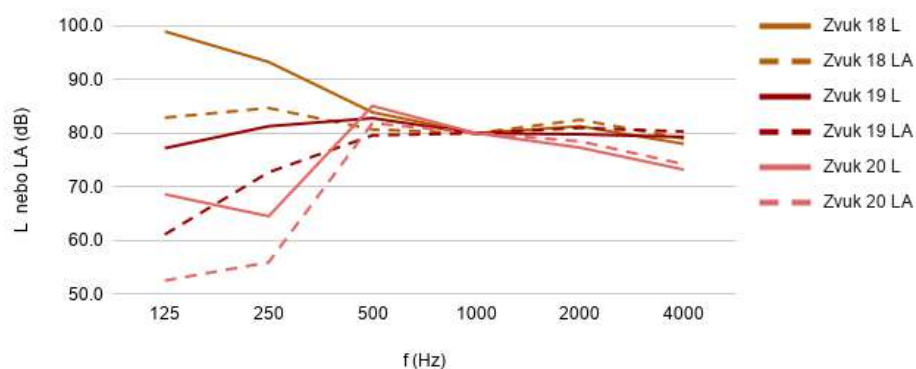


**Obrázek 2.7:** Spektrální charakteristiky zvuků 14 až 17 pro pásma 125 až 4000 Hz

Ženská řeč (zvuk 14) je pro vybranou mluvčí nejvýraznější v oblasti 1000 Hz a naopak nejméně výrazná v 4000 Hz. Mužská řeč (zvuk 15) je pro vybraného mluvčího naopak nejvýraznější v pásmu 250 Hz. Přejít od klidné řeči k hádce zapříčinil posun v intonaci a hlasitosti přednesu - pro ženský hlas (zvuk 16) se maxima přesunula do pásma 250 Hz a pro mužský (zvuk 17) do pásma 500 Hz.

### 2.1.1.13 Zvuky 18-20 - Domácí spotřebiče

Poslední tři zvuky jsou věnovány zástupcům domácích spotřebičů - pračka (zvuk 18), vysavač (zvuk 19) a fén (zvuk 20), které mají, jakožto i všechny ostatní zvuky simulovat běžný ruch bytové budovy. Všechny uvedené zvuky mají téměř shodný - konstantní - v pásmech 500 až 4000 Hz, rozchází se však v nízkých pásmech 125 a 250 Hz.

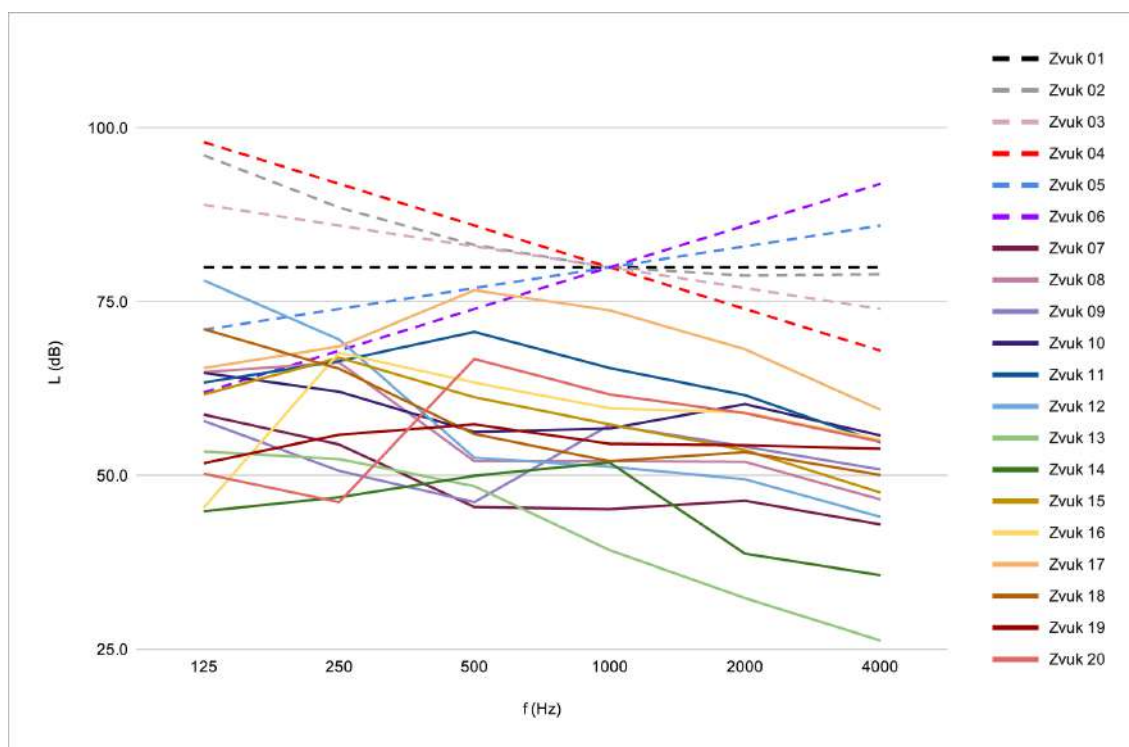


**Obrázek 2.8:** Spektrální charakteristiky zvuků 18 až 20 pro pásma 125 až 4000 Hz



**Tabulka 2.1:** Hladina akustického tlaku  $L$  (dB) v M1 - výchozí (naměřené) hodnoty

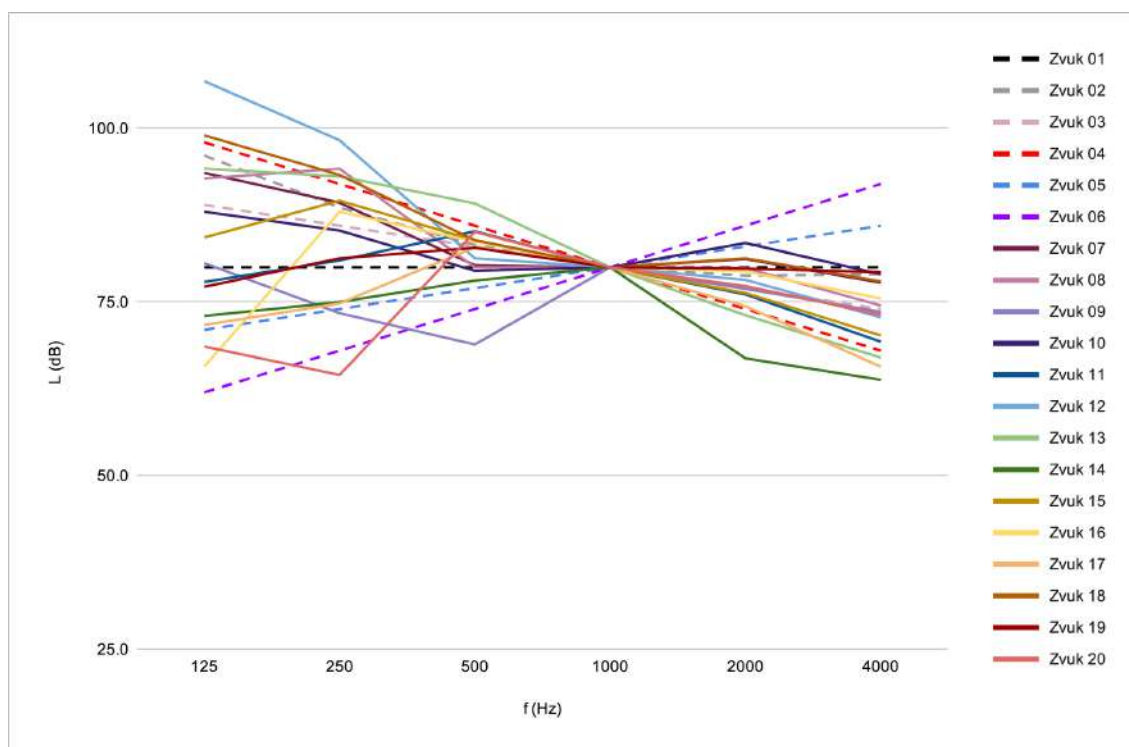
Zdroj zvuku (hluku)	Hladina akustického tlaku $L$ (dB) v M1 pro $f$ (Hz) - výchozí hodnoty						$L$ (dB) jednočíselné
	125	250	500	1000	2000	4000	
Zvuk 01	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.8
Zvuk 02	96.1	88.6	83.2	80.0	78.8	79.0	97.2
Zvuk 03	89.0	86.0	83.0	80.0	77.0	74.0	92.0
Zvuk 04	98.0	92.0	86.0	80.0	74.0	68.0	99.3
Zvuk 05	71.0	74.0	77.0	80.0	83.0	86.0	89.0
Zvuk 06	62.0	68.0	74.0	80.0	86.0	92.0	93.3
Zvuk 07	58.8	54.5	45.5	45.2	46.4	43.0	60.7
Zvuk 08	64.9	66.3	52.1	52.1	52.0	46.6	69.0
Zvuk 09	57.9	50.7	46.2	57.3	54.2	50.9	62.3
Zvuk 10	64.8	62.1	56.3	56.8	60.3	55.8	68.5
Zvuk 11	63.4	66.5	70.7	65.5	61.6	54.8	73.7
Zvuk 12	78.1	69.6	52.6	51.3	49.5	44.1	78.7
Zvuk 13	53.5	52.4	48.5	39.3	32.4	26.3	56.8
Zvuk 14	44.9	46.9	50.0	51.9	38.8	35.7	55.4
Zvuk 15	61.7	67.0	61.3	57.4	53.7	47.6	69.4
Zvuk 16	45.4	67.7	63.4	59.7	59.1	55.2	70.1
Zvuk 17	65.5	68.6	76.7	73.8	68.2	59.5	79.5
Zvuk 18	71.1	65.4	56.0	52.1	53.4	50.1	72.4
Zvuk 19	51.8	55.9	57.4	54.6	54.4	53.9	62.8
Zvuk 20	50.3	46.2	66.8	61.7	59.0	54.9	68.8



**Obrázek 2.9:** Průběhy hladin akustického tlaku  $L$  (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - výchozí (naměřené) hodnoty

**Tabulka 2.2:** Hladina akustického tlaku  $L$  (dB) v M1 - hodnoty po vyrovnání

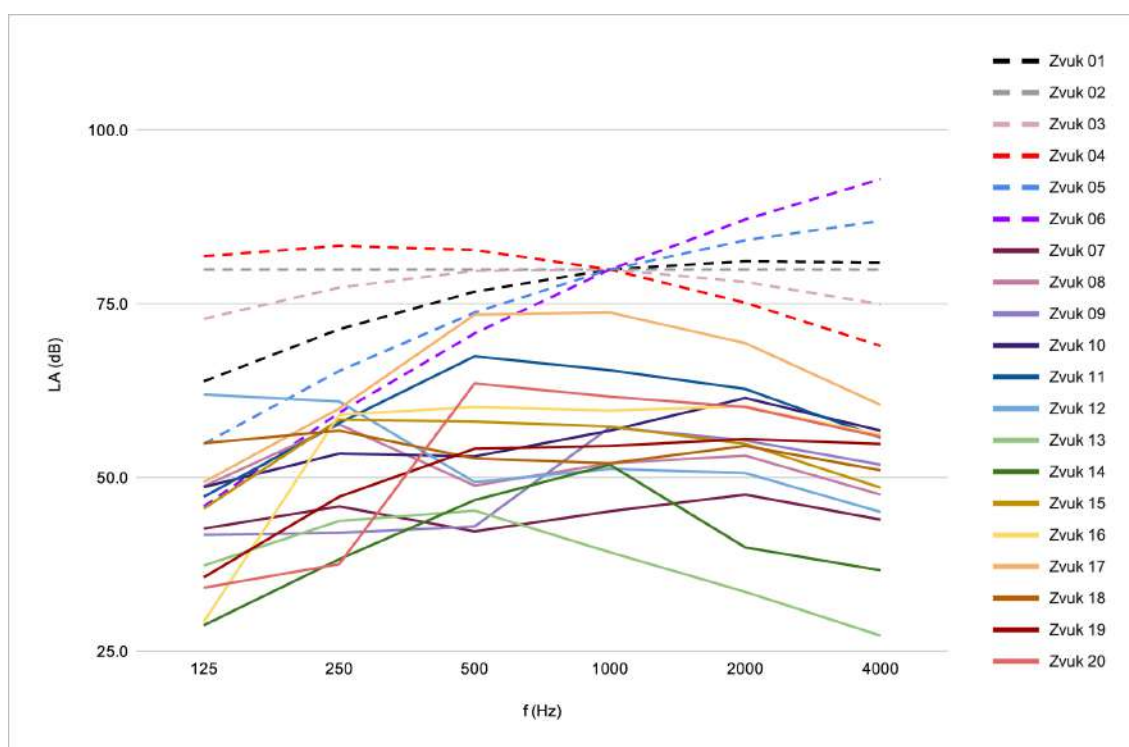
Zdroj zvuku (hluku)	Hladina akustického tlaku $L$ (dB) v M1 pro $f$ (Hz) - po vyrovnání						$L$ (dB) jednočíselné
	125	250	500	1000	2000	4000	
Zvuk 01	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.8
Zvuk 02	96.1	88.6	83.2	80.0	78.8	79.0	97.2
Zvuk 03	89.0	86.0	83.0	80.0	77.0	74.0	92.0
Zvuk 04	98.0	92.0	86.0	80.0	74.0	68.0	99.3
Zvuk 05	71.0	74.0	77.0	80.0	83.0	86.0	89.0
Zvuk 06	62.0	68.0	74.0	80.0	86.0	92.0	93.3
Zvuk 07	93.6	89.3	80.3	80.0	81.2	77.8	95.5
Zvuk 08	92.8	94.2	80.0	80.0	79.9	74.5	96.9
Zvuk 09	80.6	73.4	68.9	80.0	76.9	73.6	85.0
Zvuk 10	88.0	85.3	79.5	80.0	83.5	79.0	91.7
Zvuk 11	77.9	81.0	85.2	80.0	76.1	69.3	88.2
Zvuk 12	106.8	98.3	81.3	80.0	78.2	72.8	107.4
Zvuk 13	94.2	93.1	89.2	80.0	73.1	67.0	97.5
Zvuk 14	73.0	75.0	78.1	80.0	66.9	63.8	83.5
Zvuk 15	84.3	89.6	83.9	80.0	76.3	70.2	92.0
Zvuk 16	65.7	88.0	83.7	80.0	79.4	75.5	90.4
Zvuk 17	71.7	74.8	82.9	80.0	74.4	65.7	85.7
Zvuk 18	99.0	93.3	83.9	80.0	81.3	78.0	100.3
Zvuk 19	77.2	81.3	82.8	80.0	79.8	79.3	88.2
Zvuk 20	68.6	64.5	85.1	80.0	77.3	73.2	87.1



**Obrázek 2.10:** Průběhy hladin akustického tlaku  $L$  (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - hodnoty po vyrovnání na 80 Hz v pásmu 1000 Hz

**Tabulka 2.3:** Hladina akustického tlaku  $A L_A$  (dB) v M1 - výchozí (naměřené) hodnoty  $L$  (dB) po započtení korekce  $K_A$  (dB)

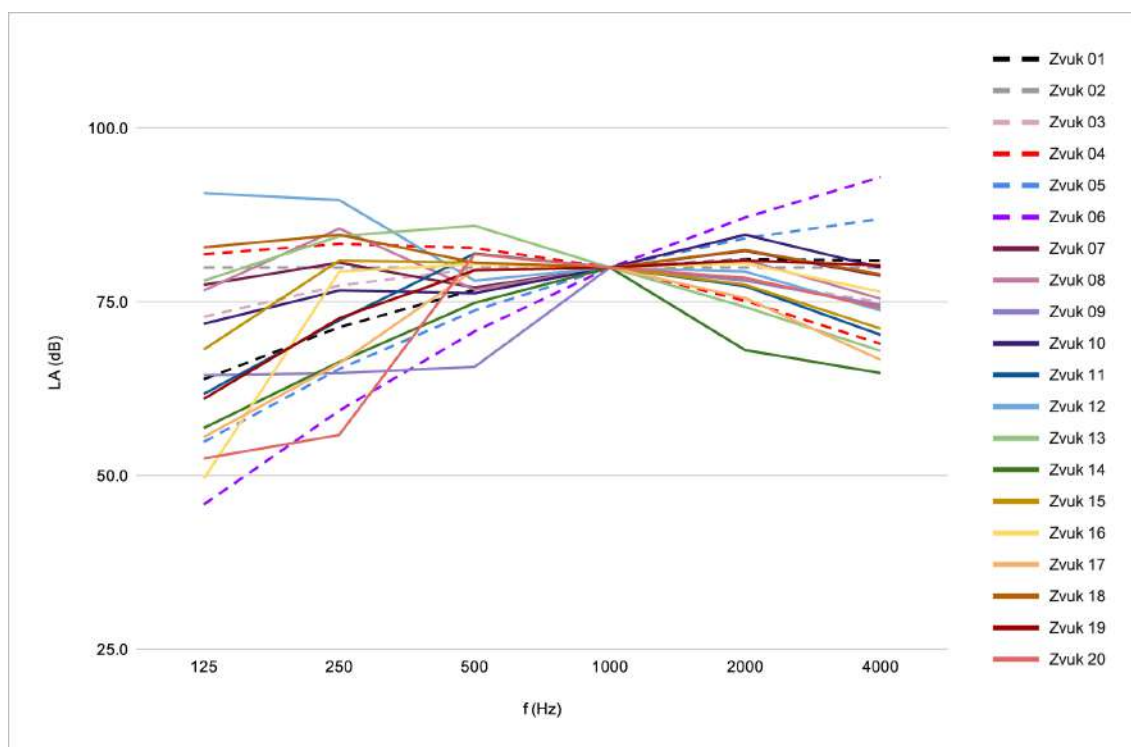
Zdroj zvuku (hluk)	Hladina akustického tlaku $A L_A$ (dB) v M1 pro $f$ (Hz) - výchozí						$LA$ (dB) jednočíselné
	125	250	500	1000	2000	4000	
Zvuk 01	63.9	71.4	76.8	80.0	81.2	81.0	86.3
Zvuk 02	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.8
Zvuk 03	72.9	77.4	79.8	80.0	78.2	75.0	85.7
Zvuk 04	81.9	83.4	82.8	80.0	75.2	69.0	88.5
Zvuk 05	54.9	65.4	73.8	80.0	84.2	87.0	89.5
Zvuk 06	45.9	59.4	70.8	80.0	87.2	93.0	94.2
Zvuk 07	42.7	45.9	42.3	45.2	47.6	44.0	52.8
Zvuk 08	48.8	57.7	48.9	52.1	53.2	47.6	60.7
Zvuk 09	41.8	42.1	43.0	57.3	55.4	51.9	60.4
Zvuk 10	48.7	53.5	53.1	56.8	61.5	56.8	64.6
Zvuk 11	47.3	57.9	67.5	65.5	62.8	55.8	70.8
Zvuk 12	62.0	61.0	49.4	51.3	50.7	45.1	65.1
Zvuk 13	37.4	43.8	45.3	39.3	33.6	27.3	48.7
Zvuk 14	28.8	38.3	46.8	51.9	40.0	36.7	53.5
Zvuk 15	45.6	58.4	58.1	57.4	54.9	48.6	63.6
Zvuk 16	29.3	59.1	60.2	59.7	60.3	56.2	66.3
Zvuk 17	49.4	60.0	73.5	73.8	69.4	60.5	77.6
Zvuk 18	55.0	56.8	52.8	52.1	54.6	51.1	61.9
Zvuk 19	35.7	47.3	54.2	54.6	55.6	54.9	61.1
Zvuk 20	34.2	37.6	63.6	61.7	60.2	55.9	67.2



**Obrázek 2.11:** Průběhy hladin akustického tlaku  $A L_A$  (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - výchozí (naměřené) hodnoty  $L$  (dB) po započtení korekce  $K_A$  (dB)

**Tabulka 2.4:** Hladina akustického tlaku  $A L_A$  (dB) v M1 - hodnoty po vyrovnání

Zdroj zvuku (hluku)	Hladina akustického tlaku $A L_A$ (dB) v M1 pro $f$ (Hz) - po vyrovnání						$L_A$ (dB) jednočíselné
	125	250	500	1000	2000	4000	
Zvuk 01	63.9	71.4	76.8	80.0	81.2	81.0	86.3
Zvuk 02	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.8
Zvuk 03	72.9	77.4	79.8	80.0	78.2	75.0	85.7
Zvuk 04	81.9	83.4	82.8	80.0	75.2	69.0	88.5
Zvuk 05	54.9	65.4	73.8	80.0	84.2	87.0	89.5
Zvuk 06	45.9	59.4	70.8	80.0	87.2	93.0	94.2
Zvuk 07	77.5	80.7	77.1	80.0	82.4	78.8	87.6
Zvuk 08	76.7	85.6	76.8	80.0	81.1	75.5	88.6
Zvuk 09	64.5	64.8	65.7	80.0	78.1	74.6	83.1
Zvuk 10	71.9	76.7	76.3	80.0	84.7	80.0	87.8
Zvuk 11	61.8	72.4	82.0	80.0	77.3	70.3	85.3
Zvuk 12	90.7	89.7	78.1	80.0	79.4	73.8	93.8
Zvuk 13	78.1	84.5	86.0	80.0	74.3	68.0	89.4
Zvuk 14	56.9	66.4	74.9	80.0	68.1	64.8	81.6
Zvuk 15	68.2	81.0	80.7	80.0	77.5	71.2	86.2
Zvuk 16	49.6	79.4	80.5	80.0	80.6	76.5	86.6
Zvuk 17	55.6	66.2	79.7	80.0	75.6	66.7	83.8
Zvuk 18	82.9	84.7	80.7	80.0	82.5	79.0	89.8
Zvuk 19	61.1	72.7	79.6	80.0	81.0	80.3	86.5
Zvuk 20	52.5	55.9	81.9	80.0	78.5	74.2	85.5



**Obrázek 2.12:** Průběhy hladin akustického tlaku  $A L_A$  (dB) v M1 pro pásma 125 až 4000 Hz - hodnoty po vyrovnání na 80 Hz v pásnu 1000 Hz

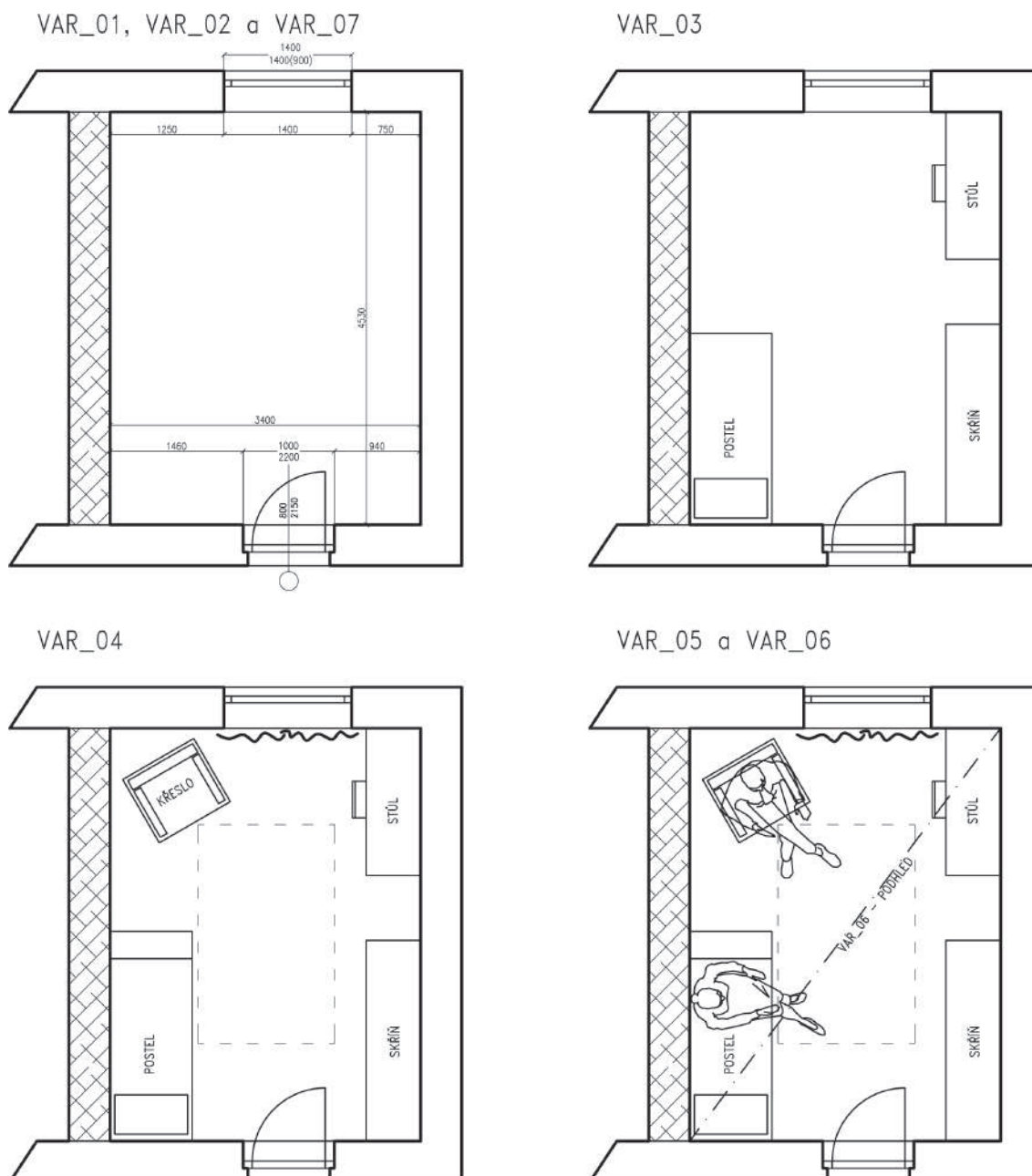
## 2.2 Místnost příjmu zvuku (M2)

Místnost příjmu zvuku (M2) je navržena za účelem simulace klasické obytné místnosti - ložnice. Místnost je obdélníkového půdorysu rozměrů (š x d x v) 3,4 x 4,5 x 3,2 m. Obvodové stěny jsou zděné z cihel plných pálených (CPP) s omítkou; strop je klasický „pražský činžovní“ - dřevěný strop s násypem, podbitím a omítkou; podlaha uvažována plovoucí laminátová. Vstup do místnosti je zajištěn dřevěnými dveřmi s obložkovou zárubní 900 x 2200 mm, denní osvětlení a větrání zajišťuje okno 1400 x 1400 mm zasklené dvojsklem. Krom objemu místnosti a ploch povrchů je hlavní charakteristikou M2 činitel pohltivosti povrchů  $\alpha$  (-), který se k dílčím povrchům váže, a který přímo ovlivňuje dobu dozvuku  $T$  (s) v daném prostředí.

Pro výpočet bylo M2 posouzeno ve variantách (VAR\_01-07) s různými stupni zařízení (vybavení) místnosti. VAR\_01 a VAR\_07 simulují absolutní (a v reálu těžko dosažitelné) extrémy zcela odrazivého (VAR\_01) a zcela pohltivého (VAR\_07) prostoru, ostatní posuzované stavy (VAR\_02-06) simulují různé stupně zařízení místnosti:

- VAR\_02 - holobyt, místnost je bez zařízení;
- VAR\_03 - v místnosti se nachází jedna postel s bavlněným přehozem, stůl, židle s tvrdým opěradlem a šatní skříň;
- VAR\_04 - vybavení uvedené ve VAR\_03 + čalouněné křeslo, plyšový koberec a závěsy;
- VAR\_05 - vybavení uvedené ve VAR\_04 + dvě sedící osoby;
- VAR\_06 - vybavení a osoby uvedené ve VAR\_05 + zavěšený podhled (dřevovláknitá deska) v celé ploše stropu (čímž dojde ke snížení světlé výšky místnosti o 200 mm na celkové 3,0 m).

Ve výpočtech je zanedbán vliv rostlin, radiátorů či jiných technologií a doplňků, které nejsou v přímém kontaktu se stěnou nebo výrazně nepřispívají ke změně pohltivosti místnosti.



**Obrázek 2.13:** Plány variant VAR\_01-07 místnosti příjmu zvuku M2

### 2.2.1 Činitel pohltivosti povrchů v M2

Hodnoty činitele pohltivosti  $\alpha$  (-) byly převzaty z publikací Akustika stavebních objektů [4] a Znižovanie hluku v pozemných stavbách [7]. Pro výpočet VAR\_01 byly použity hodnoty  $\alpha = 0,0001$  pro všechny kmitočty - hodnota se blíží, ale nedosahuje úplné nuly, simuluje tak materiál velmi málo pohltivý napříč všemi oktávovými pásmy. U VAR\_07 byl zvolen stejný postup s tím rozdílem, že bylo nutné nasimulovat materiál téměř zcela



pohltivý, proto byla zvolena  $\alpha = 0,999$ .

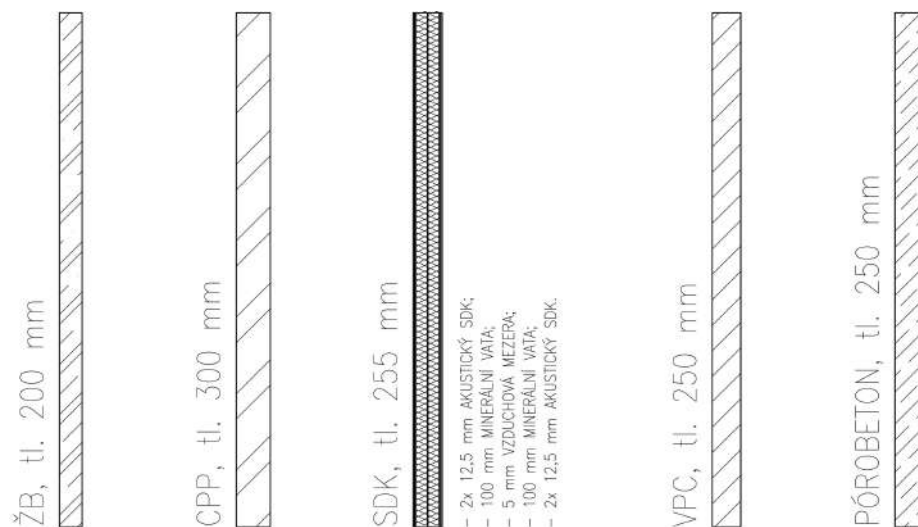
Pro materiály, které se v převzatých hodnotách přímo nevyskytovaly (např. masivní dřevo) byly z dostupných pramenů voleny materiály s vlastnostmi co možná nejbližší původnímu. Jindy byla pohltivost vybavení určena znásobením hodnoty známé pro podobný typ vybavení - např. pohltivost pohovky byla stanovena dvojnásobem či trojnásobem hodnot pohltivosti pro čalouněné křeslo.

**Tabulka 2.5:** Vstupní hodnoty činitele pohltivosti  $\alpha$  (-) [4] a [7]

Popis konstrukce (tloušťka v mm / odsazení v mm)	Kmitočty $f$ (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	
nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
nespecifikovaný zcela pohltivý materiál	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	
Beton hutný	0.010	0.016	0.019	0.023	0.035	0.050	Kaňka Jan, Akustika stavebních objektů, 2009, 143 s., ISBN: 978-80-7366-140-3
Beton vylehčený	0.200	0.220	0.230	0.250	0.210	0.260	
Beton s olejovým nátěrem	0.010	0.014	0.016	0.017	0.018	0.020	
Čalouněné křeslo							
zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.150	0.200	0.200	0.250	0.300	0.300	
Čalouněné křeslo obsazené							
zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.250	0.300	0.400	0.450	0.450	0.400	
Dřevěné křeslo							
zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.020	0.020	0.030	0.040	0.040	0.050	
Dřevěné křeslo obsazené							
zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.200	0.250	0.300	0.350	0.350	0.350	
Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040	
Dřevotřísková deska (20/0)	0.080	0.080	0.090	0.100	0.100	0.100	
Dřevovláknitá deska měkká (15/0)	0.100	0.150	0.550	0.520	0.500	0.450	
Deska z EPS (18 až 32/0)	0.020	0.020	0.030	0.080	0.140	0.290	
Koberce bouclé (5/0)	0.080	0.100	0.100	0.210	0.430	0.780	
Koberce kokosový (6/0)	0.170	0.060	0.110	0.190	0.370	0.800	
Koberce plyšový (10/0)	0.130	0.110	0.150	0.300	0.630	0.900	
Linoleum (-/0)	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.040	
Okenní otvor zasklený	0.300	0.200	0.150	0.100	0.060	0.040	
Omítka malovaná hlinkou (-/0)	0.020	0.020	0.020	0.030	0.040	0.040	
Omítka s olejovým nátěrem (-/0)	0.010	0.010	0.020	0.020	0.020	0.020	
Překlička laťová (18/70)	0.270	0.080	0.110	0.090	0.090	0.200	
SDK deska (9,5/100)	0.110	0.130	0.050	0.020	0.020	0.030	
Vlasy dřevěné (-/0)	0.030	0.040	0.060	0.120	0.100	0.170	
Zdivo cihelné režné (-/0)	0.024	0.025	0.032	0.042	0.049	0.070	
Vápenná omítka na cihlovém zdivu	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080	Znižovanie hluku v pozemných stavbách, J. Puškáš a kol., 1988
Cihlové zdivo s vápennou omítkou a tapetou	0.020	0.030	0.040	0.050	0.070	0.080	
Beton s hladkým povrchem	0.010	0.012	0.015	0.019	0.023	0.035	
Beton natřený malbou	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018	
Sádrová omítka na cihlovém zdivu	0.013	0.015	0.020	0.028	0.040	0.050	
Mramor, žula a jiné leštěné nerosty	0.010	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000	
Dřevěný obklad	0.010	0.110	0.000	0.080	0.080	0.110	
Jednoduché zasklení tl. 3 mm	0.080	0.040	0.030	0.030	0.020	0.020	
Dvojitě zasklení tl. 3 mm	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020	
Parkety, dřevěná podlaha	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110	
Podlaha PVC na tvrdém podkladu	0.020	0.030	0.030	0.040	0.060	0.050	
Koberce Jekor	0.050	0.080	0.100	0.090	0.250	0.380	
Bavlněná tkanina 360 g/m <sup>2</sup> , zavěšená na stěně	0.030	0.040	0.110	0.170	0.240	0.350	
Bavlněná tkanina 500 g/m <sup>2</sup> , zavěšená na stěně	0.040	0.070	0.130	0.220	0.330	0.350	
Promítací plátno	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	
Židle s tvrdým opěradlem A (m <sup>2</sup> )	0.020	0.018	0.019	0.021	0.200	0.200	
Židle s měkkým opěradlem i sedákem A (m <sup>2</sup> )	0.090	0.130	0.150	0.150	0.110	0.070	
Sedící osoba A (m <sup>2</sup> )	0.150	0.300	0.440	0.450	0.460	0.460	

## 2.3 Dělicí konstrukce

Pro posouzení vlivu konstrukce oddělující M1 a M2 bylo vybráno pět typických zástupců materiálového řešení nosných stěn, přičemž všechny typy stěn krom pórobetonové svými parametry splňují požadavek na minimální požadovanou hodnotu  $R'_w = 53$  dB pro mezibytové dělicí konstrukce stanovenou normou ČSN 73 0532 [12]. Posuzovanými konstrukcemi jsou:



**Obrázek 2.14:** Schémata posuzovaných dělicích konstrukcí

- stěna ze železobetonu (ŽB) tl. 200 mm - lze uvažovat pro monolitické i montované prefabrikované konstrukce - starší panelová i novodobá výstavba, nosné mezibytové stěny;
- stěna z CPP tl. 300 mm - typická pro pražské činžovní domy či vilovou/obytnou zástavbu od konce 19. do poloviny 20. století;
- montovaná stěna s využitím speciálních akustických sádko-kartonových (SDK) panelů a výplní minerální vlnou, celková tl. skladby 255 mm - zástupce novodobé výstavby využívající technologii lehkých montovaných konstrukcí;
- stěna z vápenopískových bloků (VPC) tl. 250 mm - materiál, který v posledních letech získává díky svým dobrým statickým a akustickým vlastnostem stále větší oblibu, často je využíván v kombinaci s pórobetonem;
- stěna z pórobetonu tl. 250 mm - též oblíbený materiál pro výstavbu, především pro možnosti snadného opracování bloků; jako jediný z uvedených materiálů nespl-



ňuje normový požadavek na  $R'_w$  - do posouzení byl zařazen jako porovnání k VPC, které se v konstrukčních systémech využívajících pórobeton používají v místech, kde pórobeton není schopen splnit požadavky na vzduchovou neprůzvučnost svislých konstrukcí.

### 2.3.1 Vzduchová neprůzvučnost dělicí konstrukce

U jednoduchých stěn z běžných materiálů (ŽB, CPP) bylo možné provést vyhodnocení vzduchové neprůzvučnosti dělicí konstrukce na hranici M1 a M2 pomocí SW Neprůzvučnost 2010, který vyhodnocuje jednoduché jednovrstvé konstrukce pomocí metodologie uvedené ve skriptu J.Čechura: Stavební fyzika 10, ČVUT 1997 [1] a výsledné hodnoty porovnává s minimy předepsanými normami ČSN EN ISO 717-1 a ČSN EN ISO 717-2 (1998).

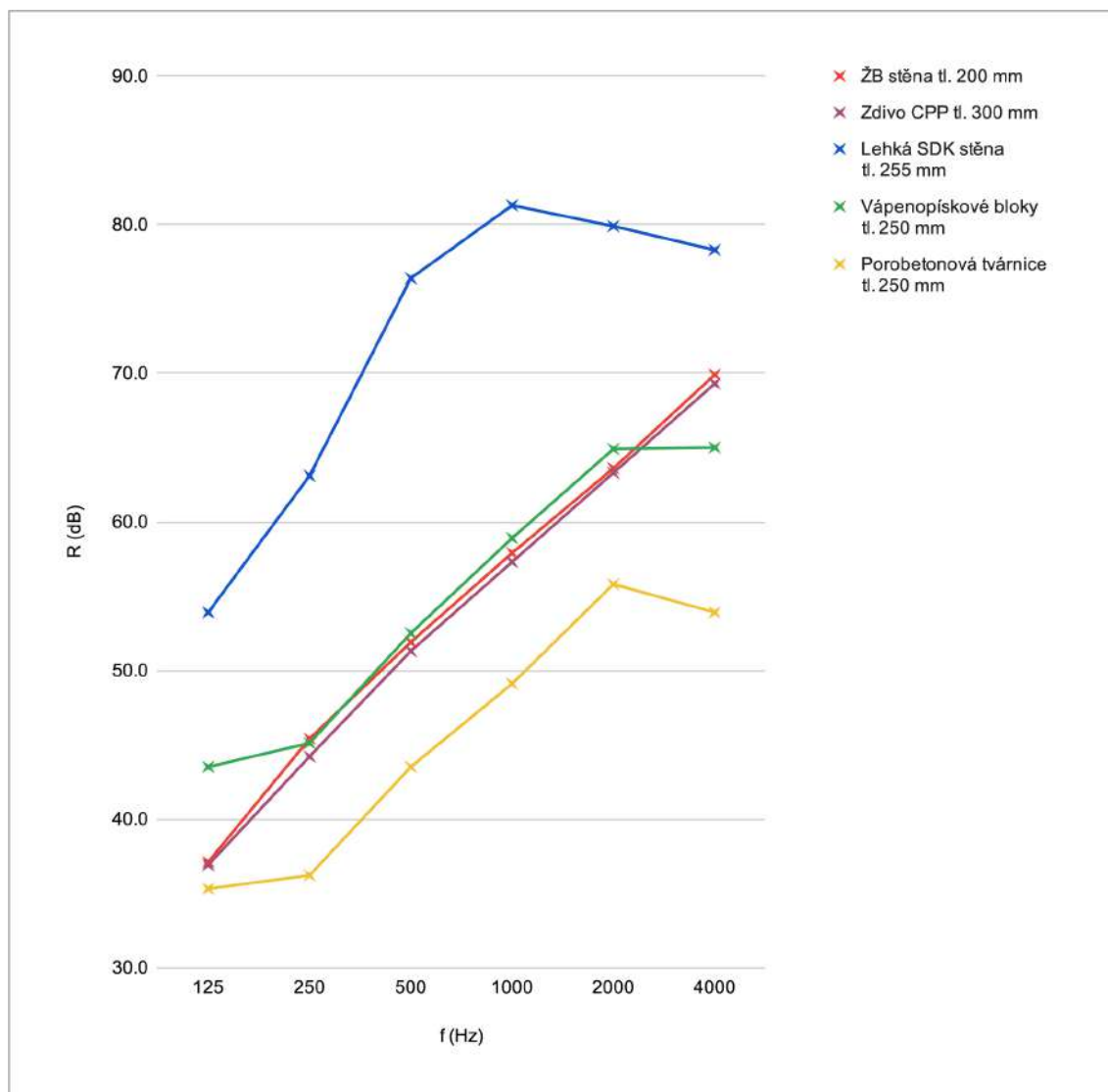
Oproti standardnímu výpočtu, ve kterém probíhá vyhodnocení stavební neprůzvučnosti  $R_w$  (dB) ve třetinooktávových pásmech 63 až 3150 Hz, byl výpočet proveden pro rozšířený kmitočtový rozsah 50 až 10000 Hz; z hodnot z rozšířeného výpočtu lze získat výsledky pro oktávová pásma 63 až 8000 Hz, pro výpočet v rámci této práce postačí hodnoty pro 125 až 4000 Hz (pro které jsou dostupné hodnoty i u ostatních vstupních veličin).

Databáze programu Neprůzvučnost 2010 je na materiály skoupá a množství v současnosti hojně využívaných materiálů či přímo konstrukcí (především různé typy akustických SDK nebo podhledů) zde chybí, proto bylo nutné pro získání podkladů k výpočtu oslovit přímo výrobce konstrukčních materiálů, které byly pro tuto práci vybrány. Toto bylo provedeno pro stěny z VPC a pórobetonu, a dále pro konstrukci s použitím akustického SDK.

Protokoly, které byly stranou výrobce poskytnuty, a hodnoty v nich uvedené, jsou ve všech případech chráněny obchodním tajemstvím - povolení k jejich reprodukci a přesné citaci v této práci nebylo uděleno. Hodnoty, které tato práce uvádí a se kterými byl výpočet prováděn, jsou na poskytnutých datech pouze založeny, poskytují však věrnou představu o tom, jakých průběhů vzduchové neprůzvučnosti lze za požití aktuálních technologií a materiálů dosáhnout.

**Tabulka 2.6:** Hodnoty vzduchové neprůzvučnosti posuzovaných dělících konstrukcí

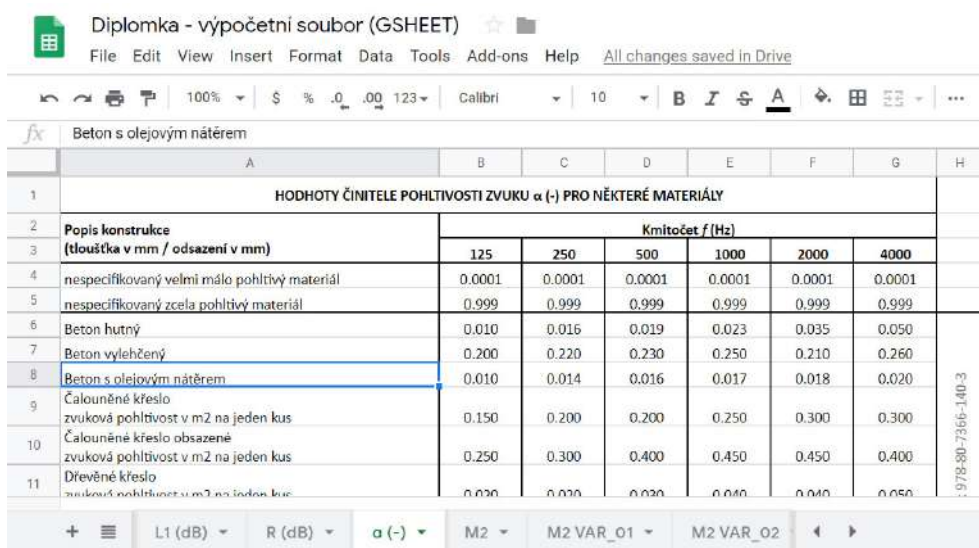
Popis konstrukce	Vzduchová neprůzvučnost R (dB) pro f (Hz)						vážená stavební neprůzvučnost R' <sub>w</sub> (dB)
	125	250	500	1000	2000	4000	
ŽB stěna tl. 200 mm	37.1	45.4	51.9	57.9	63.6	69.9	54.0
Zdivo CPP tl. 300 mm	36.9	44.2	51.3	57.3	63.3	69.3	53.0
Lehká SDK stěna tl. 255 mm	53.9	63.1	76.4	81.3	79.9	78.3	68.0
Vápenopiskové bloky tl. 250 mm	43.5	45.1	52.5	58.9	64.9	65.0	54.0
Porobetonová tvárnice tl. 250 mm	35.3	36.2	43.5	49.1	55.8	53.9	43.0



**Obrázek 2.15:** Graf hodnot vzduchové neprůzvučnosti posuzovaných dělících konstrukcí

## 2.4 Výpočet

Pro provedení výpočtu bylo zvoleno prostředí G-SUITE (platforma Google .com) a hlavním nástrojem je aplikace Google Sheets, která se vlatnostmi a funkcemi blíží běžně používanému programu Microsoft Excel, nevyžaduje však instalaci na PC ani koupi licence na užívání plné verze (dostupné online v rámci služby Google Drive, která je součástí služby emailu klienta google.com).



The screenshot shows a Google Sheet titled "Diplomka - výpočetní soubor (GSHEET)". The active sheet contains a table with sound absorption coefficients. The table has columns for material description and frequency ranges (125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz). The row for "Beton s olejovým nátěrem" is highlighted.

HODNOTY Činitele POHLTIVOSTI ZVUKU $\alpha$ (-) PRO NĚKTERÉ MATERIÁLY						
Popis konstrukce (tloušťka v mm / odsazení v mm)	Kmitočty $f$ (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
nespecifikovaný zcela pohltivý materiál	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
Beton hutný	0.010	0.016	0.019	0.023	0.035	0.050
Beton vylehčený	0.200	0.220	0.230	0.250	0.210	0.260
Beton s olejovým nátěrem	0.010	0.014	0.016	0.017	0.018	0.020
Čalouněné křeslo zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.150	0.200	0.200	0.250	0.300	0.300
Čalouněné křeslo obsazené zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.250	0.300	0.400	0.450	0.450	0.400
Dřevěné křeslo zvuková pohltivost v m <sup>2</sup> na jeden kus	0.030	0.030	0.030	0.040	0.040	0.050

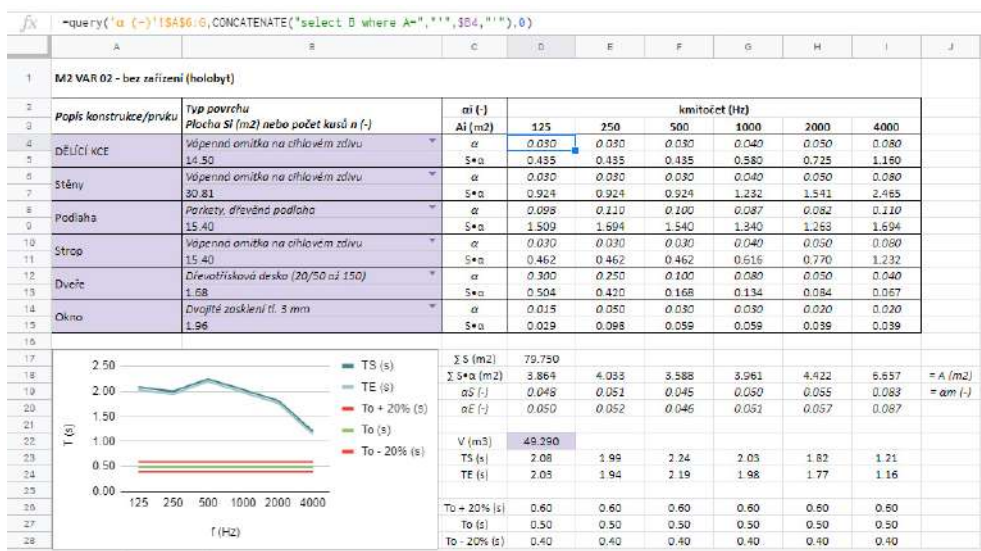
Obrázek 2.16: Náhled prostředí Google Sheets

Přes řadu výhod (např. přístup k datům přes prohlížeč z jakéhokoli PC či mobilního zařízení, snadná orientace a práce v prostředí, možnost propojení tabulkových souborů se zadávacími formuláři či řadou volně či za poplatek dostupných skriptů) nelze pomocí Google Sheets MS Excel plně nahradit. Soubory typu .XSLX lze v Google Sheets otevřít a editovat, dochází však ke ztrátě některých funkcí či formátování buněk; naopak z prostředí Google Sheets lze uložit soubor s příponou .XLSX, některé funkce však program MS Excel nebude schopen rozpoznat a pracovat s nimi (tedy - data buněk jsou zachována, ztraceno je ale např. automatické propisování či načítání dat). V neposlední řadě jsou úskalím Google Sheets i méně pokročilé funkce formátování buněk - chybí např. možnost horních/dolních indexů.

Po provedení veškerých měření a sběru dat byly hodnoty hladin akustického tlaku  $L$  (dB), vzduchové neprůzvučnosti  $R$  (dB) a činitele pohltivosti  $\alpha$  (-) zaneseny vždy do samostat-

ného listu (pojmenovaného dle dané veličiny), ze kterých jsou hodnoty přes funkci „Data validation“ a „QUERY“ dále načítány do listů s výpočty.

Pro všechny listy v dokumentu platí, že k manipulaci (doplnění čísla či volby možnosti) jsou vždy určeny pouze buňky podbarvené fialově. Vše ostatní - tabulky, grafy - je dále vypočítáváno a generováno automaticky.

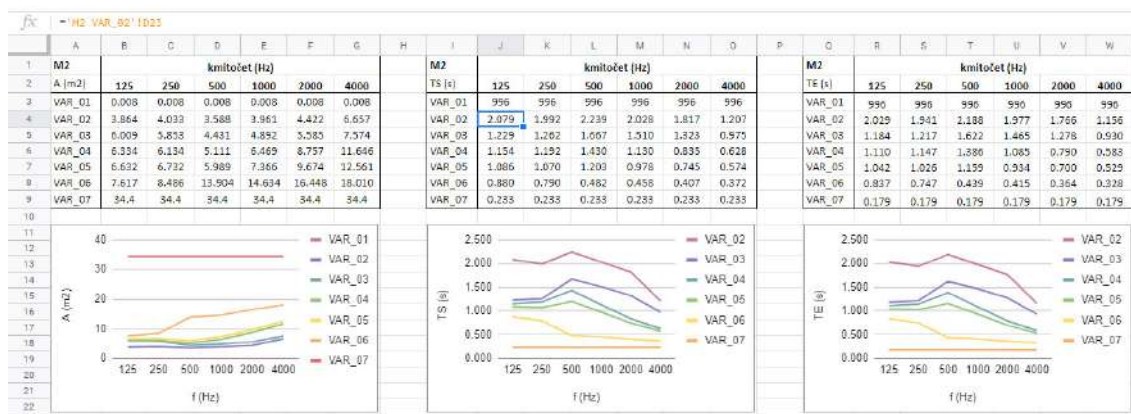


**Obrázek 2.17:** Náhled prostředí při výpočtu doby dozvuku pro M2 - VAR\_02

Nejprve bylo provedeno posouzení dílčích variant M2 (na samostatných listech „M2 VAR\_01-07“), aby byly na základě ploch konstrukcí a vybavení stanoveny hodnoty celkové zvukové pohltivosti  $A$  (m<sup>2</sup>) a doby dozvuku  $T$  (s) jednotlivých variant. Pro výpočet byly použity vztahy 1.11 až 1.15. Hodnota  $T_O$  (s) byla zvolena vždy 0,5 s s tolerancí  $\pm 20$  %, rozmezí  $T_O$  bylo stanoveno na 0,4 až 0,6 s. Výpočet  $T$  (s) byl proveden vždy metodou dle Sabina i Eyringa - veličiny jsou značeny  $T_S$ , resp.  $T_E$ .

Žádná z VAR\_01-05 se neblížila hodnotám  $T_O$  (s), proto byla navržena VAR\_06, ve které je uvažován podhled v celé ploše stropu, což umožnilo snížit hodnotu doby dozvuku  $T$  (s) na optimální hodnoty v oktávových pásmech 500-4000 Hz. Výsledné hodnoty  $A$  (m<sup>2</sup>),  $T_S$  (s) a  $T_E$  (s) byly shrnuty v samostatném listu „M2“, odkud jsou dále pomocí funkcí „Data validation“ a „QUERY“ načítány do listů s výpočty.

Hlavní podklady pro výpočet hodnot celkové zvukové pohltivosti  $A$  (m<sup>2</sup>) a doby dozvuku  $T$  (s) jednotlivých variant jsou spolu s finálními výstupy předmětem Přílohy č. 1.



Obrázek 2.18: Náhled listu s výsledky pro M2

V listu „VÝPOČET ZÁKLADNÍ“ lze provádět výpočet pomocí vztahu 1.18 pro jednotlivá oktavová pásma 125 až 4000 Hz. Plochu dělicí konstrukce  $S$  je nutné doplnit (pro M2 je rovna 14,5 m<sup>2</sup>), volbou typu dělicí konstrukce, zdroje zvuku a varianty M2 jsou do výpočtové tabulky načítány hodnoty  $R_w$  (dB),  $L_1$  (dB) a  $A$  (m<sup>2</sup>). Výsledkem je hodnota hladiny akustického tlaku  $L_2$  (dB) v M2 pro jednotlivá oktavová pásma; z těchto hodnot je dále pomocí energetického součtu hladin vypočtena celková (jednočíselná) hodnota  $L_2$  (dB) v M2. Součtem  $L_2$  (dB) a korekce  $K_A$  (dB) v rámci každého oktavového pásma je získána hodnota hladiny akustického tlaku  $A$  v M2  $L_{A2}$  (dB), i zde je energetickým součtem vypočtena celková hodnota  $L_{A2}$  (dB).

fx	=query('R (dB)'!\$A\$3:I,CONCATENATE("select D where A=", "!", \$B\$4, "!", 0))					
	A	B	C	D	E	F
1	VÝPOČET ZÁKLADNÍ					
2	Volba vstupních hodnot					
3	plocha S (m2)	14.5				
4	typ dělicí konstrukce	(vybraná) ŽB stěna tl. 200 mm				
5	zdroj zvuku	Zvuk 06 L - Fialový šum				
6	volba varianty bytu	VAR_03				
7						
8	$R = L_1 - L_2 + 10\log(S/A_2) \rightarrow L_2 = L_1 - R + 10\log(S/A_2)$					
9						
10		kmitočet (Hz)				
11		125	250	500	1000	2000
12	R (dB)	37.1	45.4	51.9	57.9	63.6
13	A2 (dB)	6.009	5.853	4.431	4.892	5.585
14	S/A2	2.413	2.477	3.273	2.964	2.596
15	10log(S/A2)	3.825	3.940	5.149	4.719	4.143
16	L1 (dB)	62.0	68.0	74.0	80.0	86.0
17		28.7	26.5	27.2	26.8	26.5
18	L2 (dB)	28.7	26.5	27.2	26.8	26.5
19	$10^{(0.1*L_2)}$	746	451	531	481	451
20	$\sum 10^{(0.1*L_2)}$	2970				
21	L2 (dB)	34.7				
22						
23	KA (dB)	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2
24	L2 + KA (dB)	12.6	17.9	24.0	26.8	27.7
25	$10^{(0.1*(L_2+KA))}$	18	62	254	481	595
26	$\sum 10^{(0.1*(L_2+KA))}$	1801				
27	LA2 (dB)	32.6				

Obrázek 2.19: Náhled listu „VÝPOČET ZÁKLADNÍ“

Jednorázový výpočet  $L_2$  a  $L_{A2}$  (dB) pro každou kombinaci *zdroj zvuku - dělicí konstrukce* a všechny varianty M2 byl sestaven list „VÝPOČET VARIANT“. Ve skrytých řádcích je zde obsažena soustava výpočtových tabulek z předchozího listu v předdefinované variantou M2. Pro výpočet je nutné doplnit plochu dělicí konstrukce  $S$  ( $m^2$ ) a vybrat zdroj zvuku a typ dělicí konstrukce. Hodnoty vypočtené pro každou z variant jsou pak načítány do komplexní tabulky s výsledky - vždy pro  $L_2$  a  $L_{A2}$  (dB).

fx	=C37								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	VÝPOČET VARIANT								
2	Volba vstupních hodnot								
3	plocha S (m2)		14.5						
4	typ dělicí konstrukce		(vybraná) ŽB stěna tl. 200 mm						
5	zdroj zvuku		Zvuk 03 L - Růžový šum						
6									
7									
8	Hladina akustického tlaku L2 (dB) pro f (Hz)								
9			125.0	250.0	500.0	1000.0	2000.0	4000.0	L2 (dB)
10	L2 (dB)	zdroj - L1	89.0	86.0	83.0	80.0	77.0	74.0	92.0
11		VAR_01	84.4	73.1	63.6	54.6	45.9	36.6	84.8
12		VAR_02	57.6	46.2	37.2	27.7	18.6	7.5	58.0
13		VAR_03	55.7	44.5	36.2	26.8	17.5	6.9	56.1
14		VAR_04	55.5	44.3	35.6	25.6	15.6	5.1	55.9
15		VAR_05	55.3	43.9	34.9	25.0	15.2	4.7	55.6
16		VAR_06	54.7	42.9	31.3	22.1	12.9	3.2	55.0
17		VAR_07	48.1	36.8	27.3	18.3	9.6	0.3	48.5
18	Hladina akustického tlaku LA2 (dB) pro f (Hz)								
19			125.0	250.0	500.0	1000.0	2000.0	4000.0	LA2 (dB)
20	LA2 (dB)	zdroj - LA1	72.9	77.4	79.8	80.0	78.2	75.0	85.7
21		VAR_01	68.3	64.5	60.4	54.6	47.1	37.6	70.5
22		VAR_02	41.5	37.6	34.0	27.7	19.8	8.5	43.6
23		VAR_03	39.6	35.9	33.0	26.8	18.7	7.9	42.0
24		VAR_04	39.4	35.7	32.4	25.6	16.8	5.1	41.6
25		VAR_05	39.2	35.3	31.7	25.0	16.4	5.7	41.3
26		VAR_06	38.6	34.3	28.1	22.1	14.1	4.2	40.3
27		VAR_07	32.0	28.2	24.1	18.3	10.8	1.3	34.2

Obrázek 2.20: Náhled listu „VÝPOČET VARIANT“

Tímto způsobem byl výpočet proveden pro všechny varianty M2 a kombinace konstrukcí a zvuků. Výsledky jsou shrnuty ve dvou typech výstupů. V prvním jsou porovnány všechny kombinace pro každý ze zvuků - takovéto shrnutí má svou vypovídající hodnotu, avšak s množstvím může ztrácet na přehlednosti. Tento typ výstupu je uveden v závěru této kapitoly, všechny hodnoty jsou se zahrnutou korekcí  $K_A$  (dB) a odpovídají tedy způsobu, jakým je zvuk posluchačem vnímán. Druhý typ výstupu je předmětem Přílohy č. 2 - výsledky jsou ještě jednou zobrazeny pro každý materiál a zvuk samostatně, každý z grafů tak výmluvně vyobrazuje, jakým způsobem konstrukce a pohltivost prostředí ovlivňuje výslednou křivku akustického spektra a intenzitu zvuku v prostředí příjmu zvuku. I zde jsou uvedeny hodnoty  $L_A$  (dB). Oba typy výstupů pro  $L_2$  (dB) jsou k nalezení na příloženém CD.



## 2.5 Vyhodnocení výsledků

Provedené výpočty dle předpokladů ukázaly, že jednoduché stěny z materiálů ŽB, CPP a VPC jsou si z hlediska akustických vlastností velmi blízké, rozdílem jsou tloušťky posuzovaných konstrukcí - 200 mm (stěna ŽB), 300 mm (stěna CPP) a 250 mm (stěna VPC). Křivky hodnot výsledných  $L_2$ , resp.  $L_{A2}$  (dB) v oktávových pásmech pro tyto konstrukce měly ve všech posuzovaných variantách M2 velmi podobný, pro tento typ konstrukcí (těžké silikátové a zděné konstrukce) charakteristický, průběh - zhoršená schopnost tlumit zvuky v nízkých kmitočtech, lepší tlumení zvuku ve vysokých kmitočtech. Ani vlastní pohltivost místnosti příjmu M2 výrazněji nepřispěla ke změně průběhu akustického spektra - výsledné průběhy křivek  $L_2$ , resp.  $L_{A2}$  (dB) se od sebe navzájem tvarově příliš neliší, rozdílné jsou pouze intenzity (hlasitost) zvuku v M2. Kombinací pohltivosti prostředí M2 a jednoho z uvedených typů konstrukce lze dosáhnout utlumení zvuku až o 40 dB v nízkých a o 50 dB ve vysokých kmitočtech.

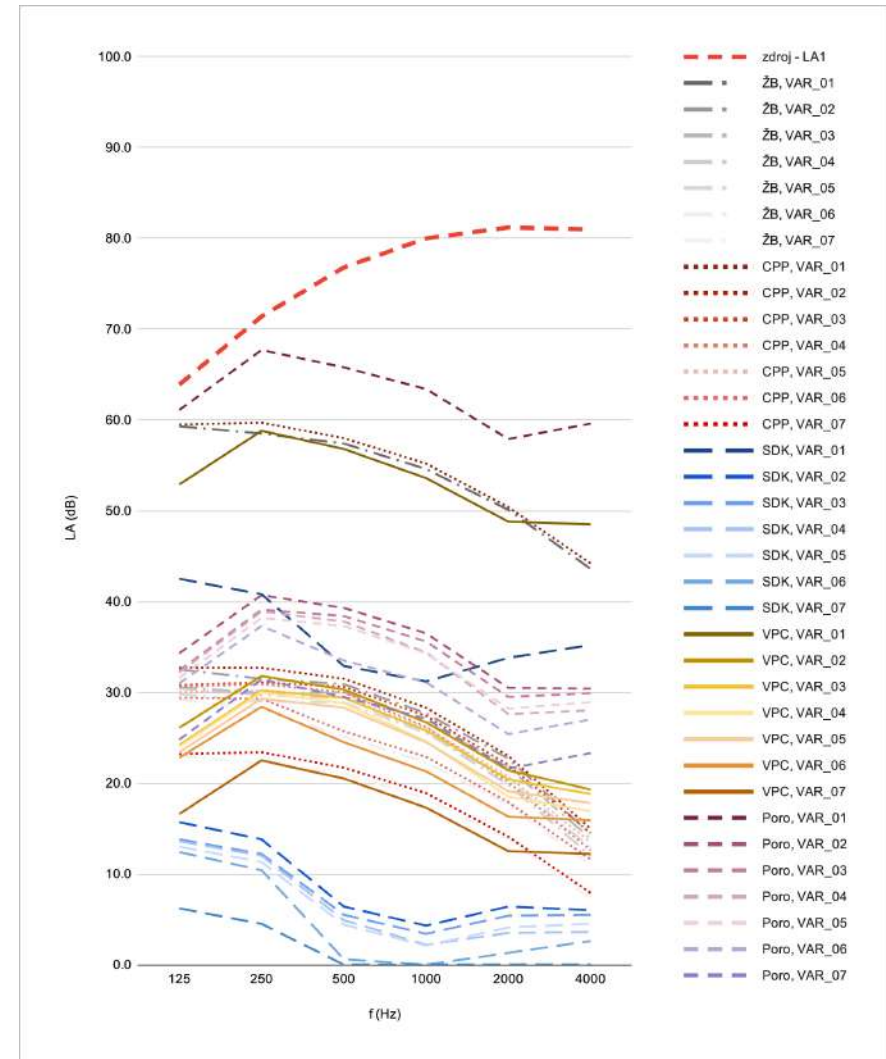
Křivka výsledných hodnot  $L_2$  (dB) pro konstrukci z pórobetonu tl. 250 mm měla velmi podobný průběh jako křivka pro VPC tl. 250 mm, hodnoty  $L_2$  (dB) pro pórobeton jsou ale obecně cca o 10 dB vyšší pro všechny varianty M2 ve všech kmitočtových pásmech. Tento rozdíl koreluje s rozdíly cca 10 dB v hodnotách  $R_w$  na vstupu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2.1, pórobeton byl pro posouzení v rámci této práce vybrán především k porovnání s VPC, které je ve stavbách z pórobetonu užíváno pro akustické dělicí konstrukce.

Nejlepších výsledků dosahuje stěna SDK, která je schopna v kombinaci s pohltivostí prostředí M2 VAR\_02-07 snížit výslednou hodnotu  $L_2$  (dB) pro kmitočtová pásma 500-4000 Hz pod 10 dB, avšak i tento typ konstrukce hůře odolává zvukům v nízkých pásmech se středními kmitočty 125 a 250 Hz.

Provedené výpočty v zásadě ukázaly, že při tlumení sousedského hluku má na výsledné hodnoty  $L_2$ , resp.  $L_{A2}$  (dB) v místnosti příjmu zvuku vliv především stavební neprůzvučnost dělicích konstrukcí. Pohltivostí prostoru lze výslednou intenzitu zvuku a průběh spektra zvuku v místnosti lehce korigovat (snížit), hlavní útlum je však zajišťován především samotnou hmotou stavební konstrukce.

**Tabulka 2.7:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 01 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 01	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	63.9	71.4	76.8	80.0	81.2	81.0	86.3
ŽB, VAR_01	59.3	58.5	57.4	54.6	50.1	43.6	64.0
ŽB, VAR_02	32.5	31.5	30.9	27.7	22.7	14.4	37.2
ŽB, VAR_03	30.6	29.9	30.0	26.8	21.7	13.9	35.8
ŽB, VAR_04	30.4	29.7	29.4	25.6	19.8	12.0	35.3
ŽB, VAR_05	29.8	29.0	28.9	25.5	20.4	12.9	34.8
ŽB, VAR_06	29.2	28.1	25.1	22.3	17.6	11.0	33.1
ŽB, VAR_07	23.0	22.2	21.1	18.3	13.8	7.3	27.8
CPP, VAR_01	59.5	59.7	58.0	55.2	50.4	44.2	64.7
CPP, VAR_02	32.7	32.7	31.5	28.3	23.0	15.0	37.8
CPP, VAR_03	30.8	31.1	30.6	27.4	22.0	14.5	36.4
CPP, VAR_04	30.6	30.9	30.0	26.2	20.1	12.6	35.9
CPP, VAR_05	30.0	30.2	29.5	26.1	20.7	13.5	35.4
CPP, VAR_06	29.4	29.3	25.7	22.9	17.9	11.6	33.7
CPP, VAR_07	23.2	23.4	21.7	18.9	14.1	7.9	28.4
SDK, VAR_01	42.5	40.8	32.9	31.2	33.8	35.2	45.9
SDK, VAR_02	15.7	13.8	6.4	4.3	6.4	6.0	18.9
SDK, VAR_03	13.8	12.2	5.5	3.4	5.4	5.5	17.3
SDK, VAR_04	13.6	12.0	4.9	2.2	3.5	3.6	16.8
SDK, VAR_05	13.0	11.3	4.4	2.1	4.1	4.5	16.4
SDK, VAR_06	12.4	10.4	0.6	0.0	1.3	2.6	15.2
SDK, VAR_07	6.2	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5
VPC, VAR_01	52.9	58.8	56.8	53.6	48.8	48.5	62.6
VPC, VAR_02	26.1	31.8	30.3	26.7	21.4	19.3	35.7
VPC, VAR_03	24.2	30.2	29.4	25.8	20.4	18.8	34.4
VPC, VAR_04	24.0	30.0	28.8	24.6	18.5	16.9	33.8
VPC, VAR_05	23.4	29.3	28.3	24.5	19.1	17.8	33.4
VPC, VAR_06	22.8	28.4	24.5	21.3	16.3	15.9	31.4
VPC, VAR_07	16.6	22.5	20.5	17.3	12.5	12.2	26.3
Poró, VAR_01	61.1	67.7	65.8	63.4	57.9	59.6	71.7
Poró, VAR_02	34.3	40.7	39.3	36.5	30.5	30.4	44.7
Poró, VAR_03	32.4	39.1	38.4	35.6	29.5	29.9	43.5
Poró, VAR_04	32.2	38.9	37.8	34.4	27.6	28.0	42.9
Poró, VAR_05	31.6	38.2	37.3	34.3	28.2	28.9	42.4
Poró, VAR_06	31.0	37.3	33.5	31.1	25.4	27.0	40.4
Poró, VAR_07	24.8	31.4	29.5	27.1	21.6	23.3	35.4

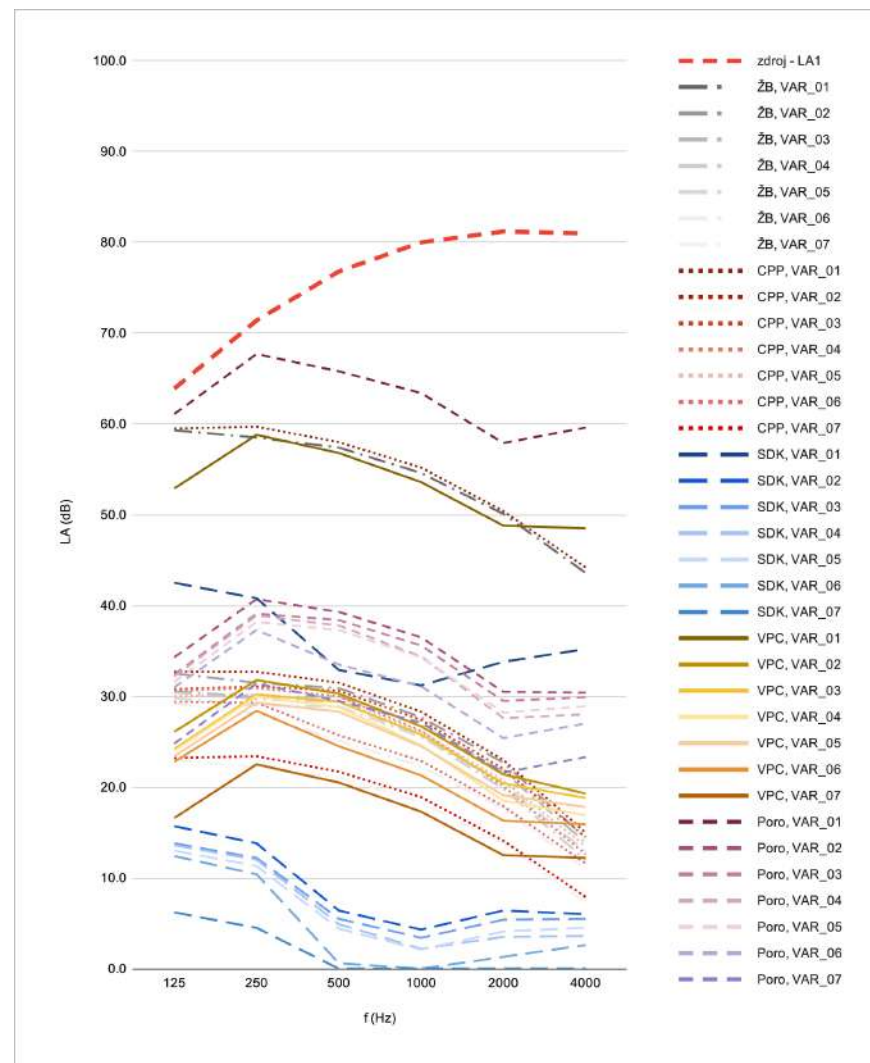


**Obrázek 2.21:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 01 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.8:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 02 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

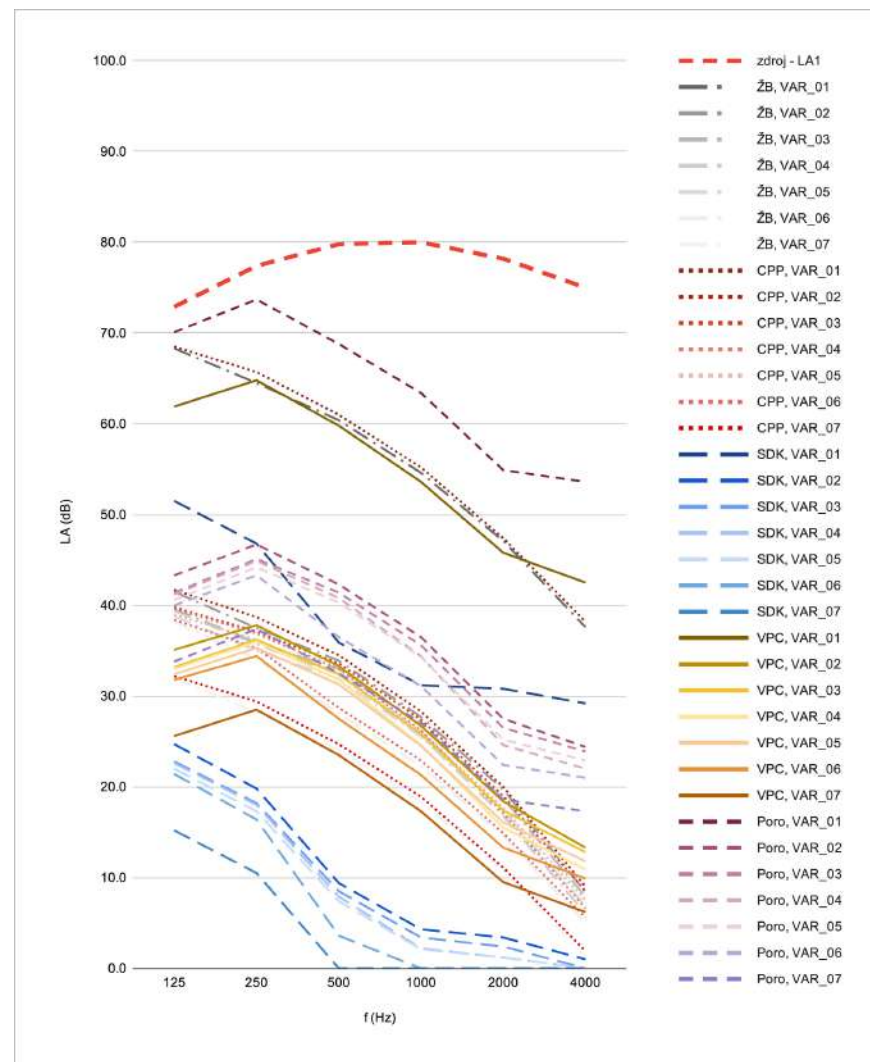
ZVUK 02	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	87.8
ŽB, VAR_01	75.4	67.1	60.6	54.6	48.9	42.6	76.2
ŽB, VAR_02	48.6	40.1	34.1	27.7	21.5	13.4	49.4
ŽB, VAR_03	46.7	38.5	33.2	26.8	20.5	12.9	47.5
ŽB, VAR_04	46.5	38.3	32.6	25.6	18.6	11.0	47.3
ŽB, VAR_05	45.9	37.6	32.1	25.5	19.2	11.9	46.7
ŽB, VAR_06	45.3	36.7	28.3	22.3	16.4	10.0	46.0
ŽB, VAR_07	39.1	30.8	24.3	18.3	12.6	6.3	39.9
CPP, VAR_01	75.6	68.3	61.2	55.2	49.2	43.2	76.5
CPP, VAR_02	48.8	41.3	34.7	28.3	21.8	14.0	49.7
CPP, VAR_03	46.9	39.7	33.8	27.4	20.8	13.5	47.9
CPP, VAR_04	46.7	39.5	33.2	26.2	18.9	11.6	47.6
CPP, VAR_05	46.1	38.8	32.7	26.1	19.5	12.5	47.0
CPP, VAR_06	45.5	37.9	28.9	22.9	16.7	10.6	46.3
CPP, VAR_07	39.3	32.0	24.9	18.9	12.9	6.9	40.3
SDK, VAR_01	58.6	49.4	36.1	31.2	32.6	34.2	59.1
SDK, VAR_02	31.8	22.4	9.6	4.3	5.2	5.0	32.3
SDK, VAR_03	29.9	20.8	8.7	3.4	4.2	4.5	30.5
SDK, VAR_04	29.7	20.6	8.1	2.2	2.3	2.6	30.2
SDK, VAR_05	29.1	19.9	7.6	2.1	2.9	3.5	29.6
SDK, VAR_06	28.5	19.0	3.8	0.0	1.2	1.6	29.0
SDK, VAR_07	22.3	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8
VPC, VAR_01	69.0	67.4	60.0	53.6	47.6	47.5	71.7
VPC, VAR_02	42.2	40.4	33.5	26.7	20.2	18.3	44.9
VPC, VAR_03	40.3	38.8	32.6	25.8	19.2	17.8	43.2
VPC, VAR_04	40.1	38.6	32.0	24.6	17.3	15.9	42.9
VPC, VAR_05	39.5	37.9	31.5	24.5	17.9	16.8	42.3
VPC, VAR_06	38.9	37.0	27.7	21.3	15.1	14.9	41.3
VPC, VAR_07	32.7	31.1	23.7	17.3	11.3	11.2	35.4
Poró, VAR_01	77.2	76.3	69.0	63.4	56.7	58.6	80.3
Poró, VAR_02	50.4	49.3	42.5	36.5	29.3	29.4	53.4
Poró, VAR_03	48.5	47.7	41.6	35.6	28.3	28.9	51.8
Poró, VAR_04	48.3	47.5	41.0	34.4	26.4	27.0	51.5
Poró, VAR_05	47.7	46.8	40.5	34.3	27.0	27.9	50.9
Poró, VAR_06	47.1	45.9	36.7	31.1	24.2	26.0	49.9
Poró, VAR_07	40.9	40.0	32.7	27.1	20.4	22.3	44.0



**Obrázek 2.22:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 02 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.9:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 03 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

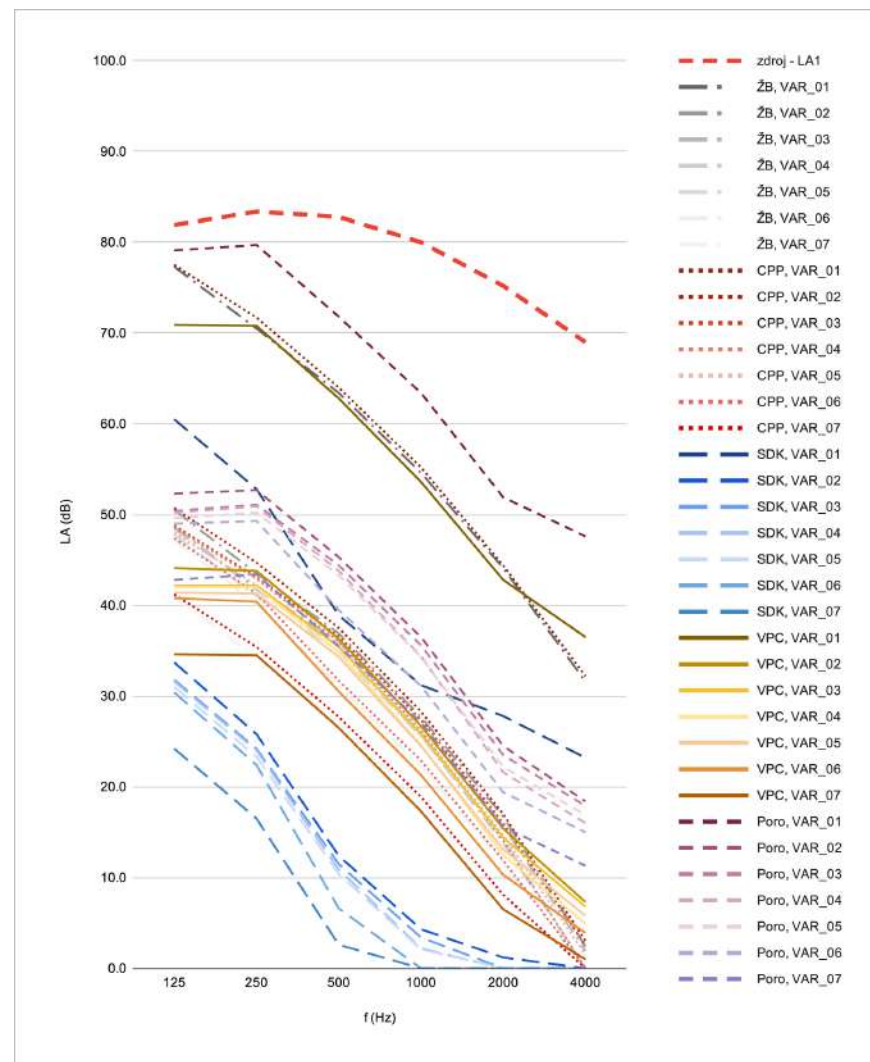
ZVUK 03	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	72.9	77.4	79.8	80.0	78.2	75.0	85.7
ŽB, VAR_01	68.3	64.5	60.4	54.6	47.1	37.6	70.4
ŽB, VAR_02	41.5	37.5	33.9	27.7	19.7	8.4	43.6
ŽB, VAR_03	39.6	35.9	33.0	26.8	18.7	7.9	41.9
ŽB, VAR_04	39.4	35.7	32.4	25.6	16.8	6.0	41.6
ŽB, VAR_05	38.8	35.0	31.9	25.5	17.4	6.9	41.0
ŽB, VAR_06	38.2	34.1	28.1	22.3	14.6	5.0	40.0
ŽB, VAR_07	32.0	28.2	24.1	18.3	10.8	1.3	34.2
CPP, VAR_01	68.5	65.7	61.0	55.2	47.4	38.2	70.9
CPP, VAR_02	41.7	38.7	34.5	28.3	20.0	9.0	44.1
CPP, VAR_03	39.8	37.1	33.6	27.4	19.0	8.5	42.5
CPP, VAR_04	39.6	36.9	33.0	26.2	17.1	6.6	42.2
CPP, VAR_05	39.0	36.2	32.5	26.1	17.7	7.5	41.6
CPP, VAR_06	38.4	35.3	28.7	22.9	14.9	5.6	40.5
CPP, VAR_07	32.2	29.4	24.7	18.9	11.1	1.9	34.7
SDK, VAR_01	51.5	46.8	35.9	31.2	30.8	29.2	52.9
SDK, VAR_02	24.7	19.8	9.4	4.3	3.4	1.0	26.1
SDK, VAR_03	22.8	18.2	8.5	3.4	2.4	0.0	24.3
SDK, VAR_04	22.6	18.0	7.9	2.2	1.2	0.0	24.0
SDK, VAR_05	22.0	17.3	7.4	2.1	1.2	0.0	23.4
SDK, VAR_06	21.4	16.4	3.6	0.0	0.0	0.0	22.7
SDK, VAR_07	15.2	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5
VPC, VAR_01	61.9	64.8	59.8	53.6	45.8	42.5	67.6
VPC, VAR_02	35.1	37.8	33.3	26.7	18.4	13.3	40.8
VPC, VAR_03	33.2	36.2	32.4	25.8	17.4	12.8	39.3
VPC, VAR_04	33.0	36.0	31.8	24.6	15.5	10.9	38.9
VPC, VAR_05	32.4	35.3	31.3	24.5	16.1	11.8	38.3
VPC, VAR_06	31.8	34.4	27.5	21.3	13.3	9.9	37.0
VPC, VAR_07	25.6	28.5	23.5	17.3	9.5	6.2	31.4
Poró, VAR_01	70.1	73.7	68.8	63.4	54.9	53.6	76.4
Poró, VAR_02	43.3	46.7	42.3	36.5	27.5	24.4	49.6
Poró, VAR_03	41.4	45.1	41.4	35.6	26.5	23.9	48.1
Poró, VAR_04	41.2	44.9	40.8	34.4	24.6	22.0	47.7
Poró, VAR_05	40.6	44.2	40.3	34.3	25.2	22.9	47.1
Poró, VAR_06	40.0	43.3	36.5	31.1	22.4	21.0	45.7
Poró, VAR_07	33.8	37.4	32.5	27.1	18.6	17.3	40.2



**Obrázek 2.23:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 03 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.10:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 04 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 04	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	81.9	83.4	82.8	80.0	75.2	69.0	88.5
ŽB, VAR_01	77.3	70.5	63.4	54.6	44.1	31.6	78.3
ŽB, VAR_02	50.5	43.5	36.9	27.7	16.7	2.4	51.5
ŽB, VAR_03	48.6	41.9	36.0	26.8	15.7	1.9	49.7
ŽB, VAR_04	48.4	41.7	35.4	25.6	13.8	0.0	49.4
ŽB, VAR_05	47.8	41.0	34.9	25.5	14.4	0.0	48.8
ŽB, VAR_06	47.2	40.1	31.1	22.3	11.6	0.0	48.1
ŽB, VAR_07	41.0	34.2	27.1	18.3	7.8	0.0	42.0
CPP, VAR_01	77.5	71.7	64.0	55.2	44.4	32.2	78.7
CPP, VAR_02	50.7	44.7	37.5	28.3	17.0	3.0	51.9
CPP, VAR_03	48.8	43.1	36.6	27.4	16.0	2.5	50.1
CPP, VAR_04	48.6	42.9	36.0	26.2	14.1	0.0	49.8
CPP, VAR_05	48.0	42.2	35.5	26.1	14.7	1.5	49.2
CPP, VAR_06	47.4	41.3	31.7	22.9	11.9	0.0	48.5
CPP, VAR_07	41.2	35.4	27.7	18.9	8.1	0.0	42.4
SDK, VAR_01	60.5	52.8	38.9	31.2	27.8	23.2	61.2
SDK, VAR_02	33.7	25.8	12.4	4.3	1.2	0.0	34.4
SDK, VAR_03	31.8	24.2	11.5	3.4	0.0	0.0	32.5
SDK, VAR_04	31.6	24.0	10.9	2.2	0.0	0.0	32.3
SDK, VAR_05	31.0	23.3	10.4	2.1	0.0	0.0	31.7
SDK, VAR_06	30.4	22.4	6.6	0.0	0.0	0.0	31.1
SDK, VAR_07	24.2	16.5	2.6	0.0	0.0	0.0	25.0
VPC, VAR_01	70.9	70.8	62.8	53.6	42.8	36.5	74.2
VPC, VAR_02	44.1	43.8	36.3	26.7	15.4	7.3	47.4
VPC, VAR_03	42.2	42.2	35.4	25.8	14.4	6.8	45.7
VPC, VAR_04	42.0	42.0	34.8	24.6	12.5	4.9	45.4
VPC, VAR_05	41.4	41.3	34.3	24.5	13.1	5.8	44.8
VPC, VAR_06	40.8	40.4	30.5	21.3	10.3	3.9	43.9
VPC, VAR_07	34.6	34.5	26.5	17.3	6.5	1.0	38.0
Poró, VAR_01	79.1	79.7	71.8	63.4	51.9	47.6	82.8
Poró, VAR_02	52.3	52.7	45.3	36.5	24.5	18.4	56.0
Poró, VAR_03	50.4	51.1	44.4	35.6	23.5	17.9	54.3
Poró, VAR_04	50.2	50.9	43.8	34.4	21.6	16.0	54.1
Poró, VAR_05	49.6	50.2	43.3	34.3	22.2	16.9	53.4
Poró, VAR_06	49.0	49.3	39.5	31.1	19.4	15.0	52.4
Poró, VAR_07	42.8	43.4	35.5	27.1	15.6	11.3	46.6

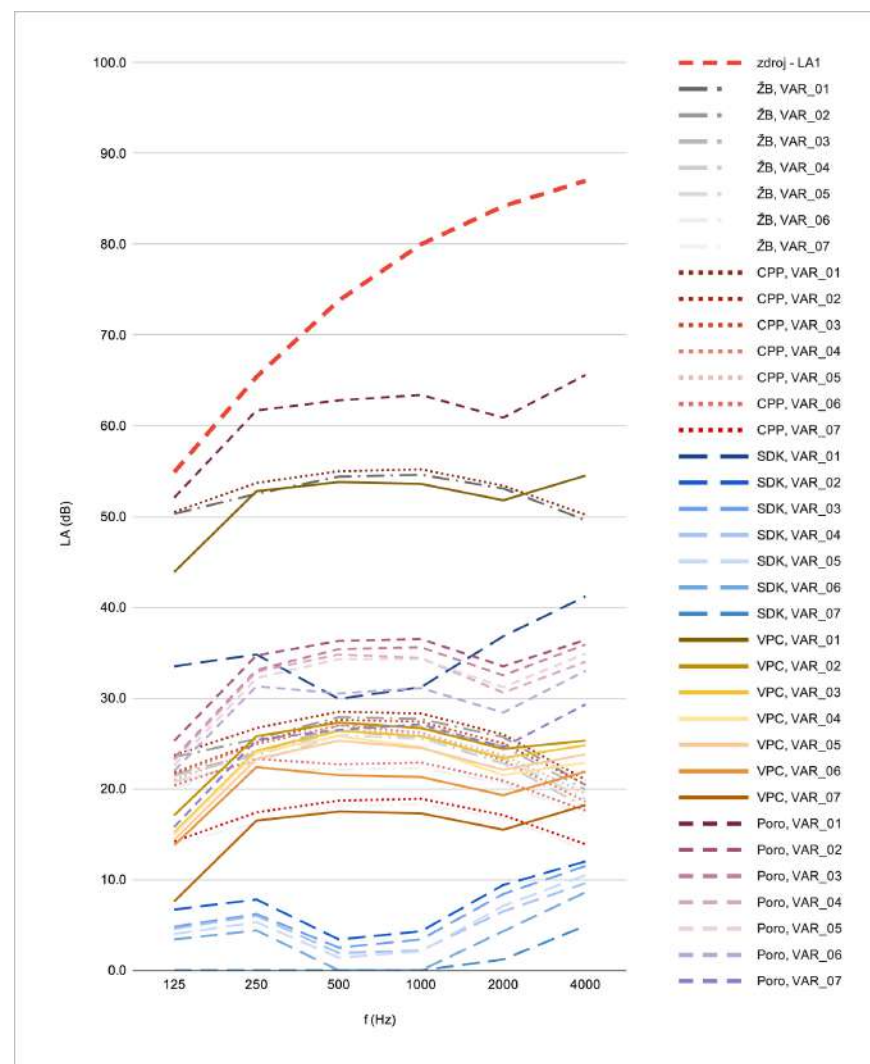


**Obrázek 2.24:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 04 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.11:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 05 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

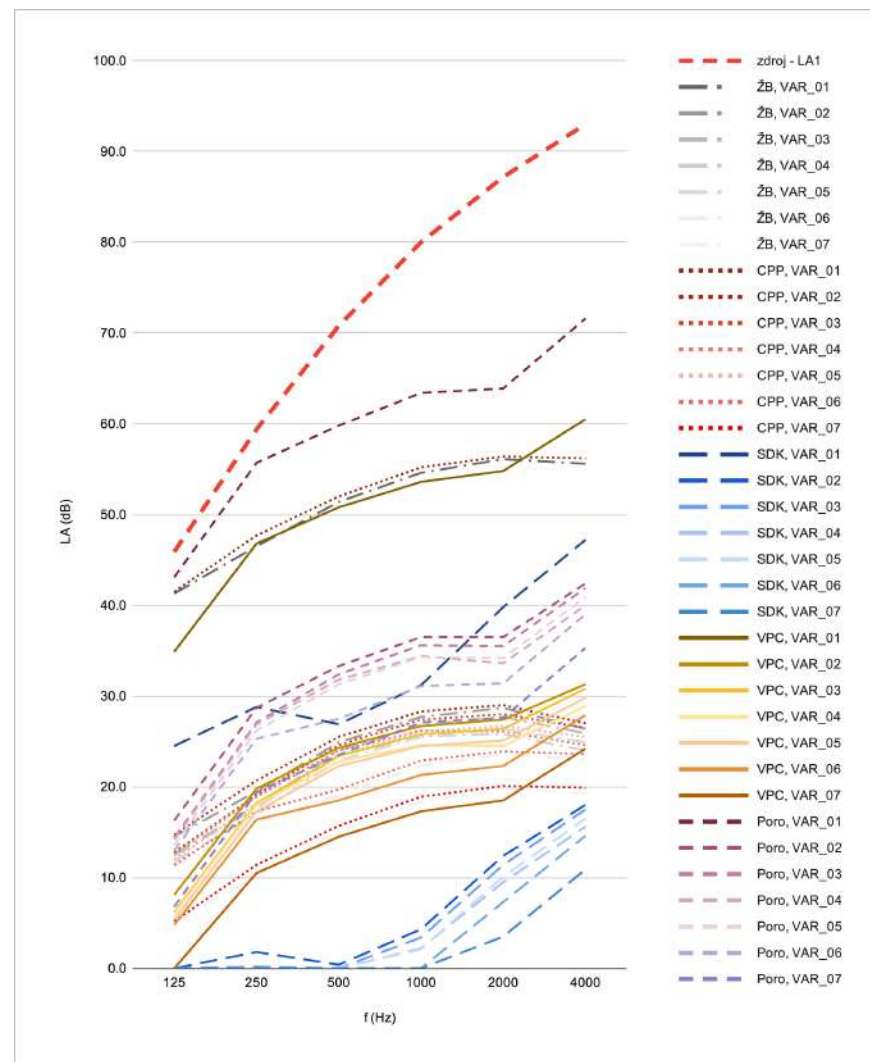
ZVUK 05	Hladina akustického tlaku $L_A$ (dB) pro $f$ (Hz) v prostředí 2						$L_{A2}$ (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	54.9	65.4	73.8	80.0	84.2	87.0	89.5
ŽB, VAR_01	50.3	52.5	54.4	54.6	53.1	49.6	60.6
ŽB, VAR_02	23.5	25.5	27.9	27.7	25.7	20.4	33.6
ŽB, VAR_03	21.6	23.9	27.0	26.8	24.7	19.9	32.5
ŽB, VAR_04	21.4	23.7	26.4	25.6	22.8	18.0	31.5
ŽB, VAR_05	20.8	23.0	25.9	25.5	23.4	18.9	31.3
ŽB, VAR_06	20.2	22.1	22.1	22.3	20.6	17.0	28.8
ŽB, VAR_07	14.0	16.2	18.1	18.3	16.8	13.3	24.3
CPP, VAR_01	50.5	53.7	55.0	55.2	53.4	50.2	61.2
CPP, VAR_02	23.7	26.7	28.5	28.3	26.0	21.0	34.2
CPP, VAR_03	21.8	25.1	27.6	27.4	25.0	20.5	33.1
CPP, VAR_04	21.6	24.9	27.0	26.2	23.1	18.6	32.2
CPP, VAR_05	21.0	24.2	26.5	26.1	23.7	19.5	31.9
CPP, VAR_06	20.4	23.3	22.7	22.9	20.9	17.6	29.5
CPP, VAR_07	14.2	17.4	18.7	18.9	17.1	13.9	24.9
SDK, VAR_01	33.5	34.8	29.9	31.2	36.8	41.2	44.1
SDK, VAR_02	6.7	7.8	3.4	4.3	9.4	12.0	16.1
SDK, VAR_03	4.8	6.2	2.5	3.4	8.4	11.5	15.1
SDK, VAR_04	4.6	6.0	1.9	2.2	6.5	9.6	13.7
SDK, VAR_05	4.0	5.3	1.4	2.1	7.1	10.5	14.0
SDK, VAR_06	3.4	4.4	0.0	0.0	4.3	8.6	11.7
SDK, VAR_07	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	4.9	6.5
VPC, VAR_01	43.9	52.8	53.8	53.6	51.8	54.5	60.5
VPC, VAR_02	17.1	25.8	27.3	26.7	24.4	25.3	33.1
VPC, VAR_03	15.2	24.2	26.4	25.8	23.4	24.8	32.1
VPC, VAR_04	15.0	24.0	25.8	24.6	21.5	22.9	31.1
VPC, VAR_05	14.4	23.3	25.3	24.5	22.1	23.8	31.0
VPC, VAR_06	13.8	22.4	21.5	21.3	19.3	21.9	28.5
VPC, VAR_07	7.6	16.5	17.5	17.3	15.5	18.2	24.2
Poró, VAR_01	52.1	61.7	62.8	63.4	60.9	65.6	70.3
Poró, VAR_02	25.3	34.7	36.3	36.5	33.5	36.4	42.7
Poró, VAR_03	23.4	33.1	35.4	35.6	32.5	35.9	41.8
Poró, VAR_04	23.2	32.9	34.8	34.4	30.6	34.0	40.6
Poró, VAR_05	22.6	32.2	34.3	34.3	31.2	34.9	40.7
Poró, VAR_06	22.0	31.3	30.5	31.1	28.4	33.0	38.2
Poró, VAR_07	15.8	25.4	26.5	27.1	24.6	29.3	34.0



**Obrázek 2.25:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 05 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.12:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 06 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

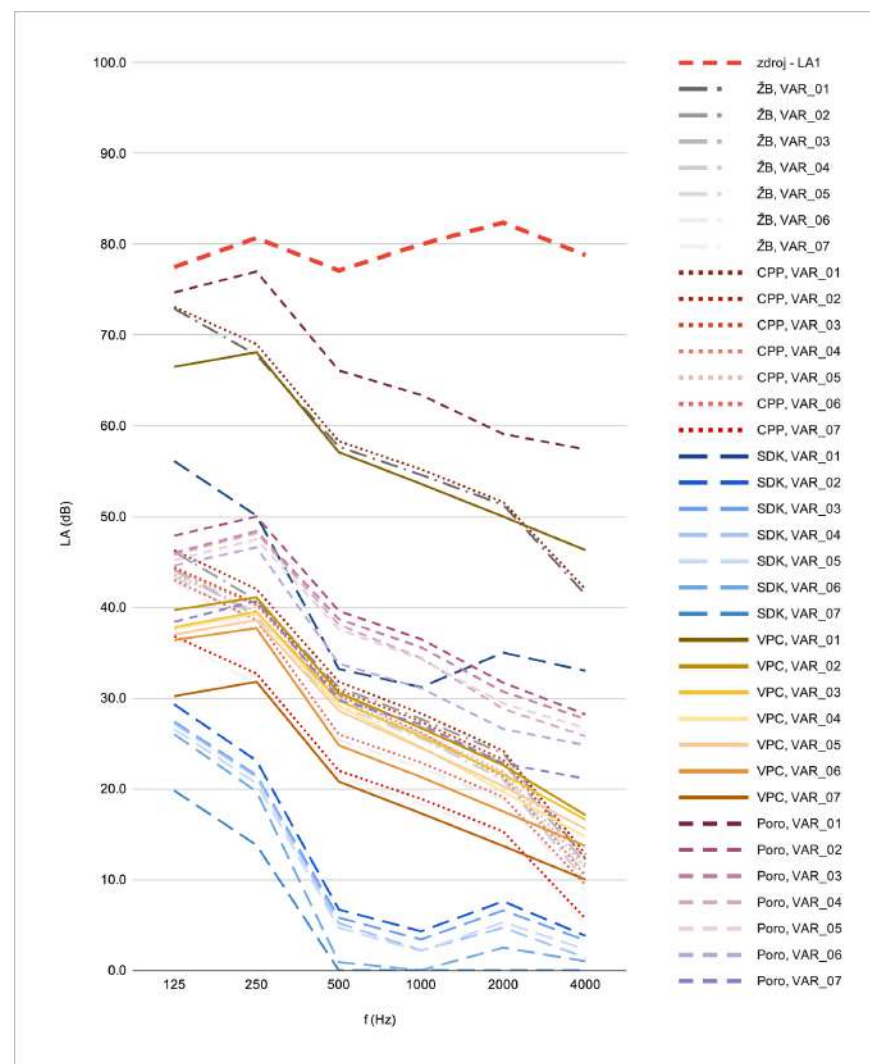
ZVUK 06	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	45.9	59.4	70.8	80.0	87.2	93.0	94.2
ŽB, VAR_01	41.3	46.5	51.4	54.6	56.1	55.6	61.0
ŽB, VAR_02	14.5	19.5	24.9	27.7	28.7	26.4	33.4
ŽB, VAR_03	12.6	17.9	24.0	26.8	27.7	25.9	32.5
ŽB, VAR_04	12.4	17.7	23.4	25.6	25.8	24.0	31.1
ŽB, VAR_05	11.8	17.0	22.9	25.5	26.4	24.9	31.3
ŽB, VAR_06	11.2	16.1	19.1	22.3	23.6	23.0	28.7
ŽB, VAR_07	5.0	10.2	15.1	18.3	19.8	19.3	24.7
CPP, VAR_01	41.5	47.7	52.0	55.2	56.4	56.2	61.5
CPP, VAR_02	14.7	20.7	25.5	28.3	29.0	27.0	33.9
CPP, VAR_03	12.8	19.1	24.6	27.4	28.0	26.5	33.0
CPP, VAR_04	12.6	18.9	24.0	26.2	26.1	24.6	31.6
CPP, VAR_05	12.0	18.2	23.5	26.1	26.7	25.5	31.9
CPP, VAR_06	11.4	17.3	19.7	22.9	23.9	23.6	29.2
CPP, VAR_07	5.2	11.4	15.7	18.9	20.1	19.9	25.3
SDK, VAR_01	24.5	28.8	26.9	31.2	39.8	47.2	48.1
SDK, VAR_02	0.0	1.8	0.4	4.3	12.4	18.0	19.4
SDK, VAR_03	0.0	0.2	0.0	3.4	11.4	17.5	18.6
SDK, VAR_04	0.0	0.0	0.0	2.2	9.5	15.6	16.8
SDK, VAR_05	0.0	0.0	0.0	2.1	10.1	16.5	17.5
SDK, VAR_06	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	14.6	15.3
SDK, VAR_07	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	10.9	11.7
VPC, VAR_01	34.9	46.8	50.8	53.6	54.8	60.5	62.6
VPC, VAR_02	8.1	19.8	24.3	26.7	27.4	31.3	34.4
VPC, VAR_03	6.2	18.2	23.4	25.8	26.4	30.8	33.6
VPC, VAR_04	6.0	18.0	22.8	24.6	24.5	28.9	32.1
VPC, VAR_05	5.4	17.3	22.3	24.5	25.1	29.8	32.5
VPC, VAR_06	4.8	16.4	18.5	21.3	22.3	27.9	30.1
VPC, VAR_07	0.0	10.5	14.5	17.3	18.5	24.2	26.4
Poró, VAR_01	43.1	55.7	59.8	63.4	63.9	71.6	73.1
Poró, VAR_02	16.3	28.7	33.3	36.5	36.5	42.4	44.7
Poró, VAR_03	14.4	27.1	32.4	35.6	35.5	41.9	44.0
Poró, VAR_04	14.2	26.9	31.8	34.4	33.6	40.0	42.3
Poró, VAR_05	13.6	26.2	31.3	34.3	34.2	40.9	42.9
Poró, VAR_06	13.0	25.3	27.5	31.1	31.4	39.0	40.6
Poró, VAR_07	6.8	19.4	23.5	27.1	27.6	35.3	36.9



**Obrázek 2.26:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 06 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.13:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 07 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 07	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	77.5	80.7	77.1	80.0	82.4	78.8	87.6
ŽB, VAR_01	72.9	67.8	57.7	54.6	51.3	41.4	74.2
ŽB, VAR_02	46.1	40.8	31.2	27.7	23.9	12.2	47.4
ŽB, VAR_03	44.2	39.2	30.3	26.8	22.9	11.7	45.6
ŽB, VAR_04	44.0	39.0	29.7	25.6	21.0	9.8	45.4
ŽB, VAR_05	43.4	38.3	29.2	25.5	21.6	10.7	44.8
ŽB, VAR_06	42.8	37.4	25.4	22.3	18.8	8.8	44.0
ŽB, VAR_07	36.6	31.5	21.4	18.3	15.0	5.1	38.0
CPP, VAR_01	73.1	69.0	58.3	55.2	51.6	42.0	74.7
CPP, VAR_02	46.3	42.0	31.8	28.3	24.2	12.8	47.9
CPP, VAR_03	44.4	40.4	30.9	27.4	23.2	12.3	46.1
CPP, VAR_04	44.2	40.2	30.3	26.2	21.3	10.4	45.8
CPP, VAR_05	43.6	39.5	29.8	26.1	21.9	11.3	45.2
CPP, VAR_06	43.0	38.6	26.0	22.9	19.1	9.4	44.5
CPP, VAR_07	36.8	32.7	22.0	18.9	15.3	5.7	38.4
SDK, VAR_01	56.1	50.1	33.2	31.2	35.0	33.0	57.1
SDK, VAR_02	29.3	23.1	6.7	4.3	7.6	3.8	30.3
SDK, VAR_03	27.4	21.5	5.8	3.4	6.6	3.3	28.5
SDK, VAR_04	27.2	21.3	5.2	2.2	4.7	1.4	28.2
SDK, VAR_05	26.6	20.6	4.7	2.1	5.3	2.3	27.6
SDK, VAR_06	26.0	19.7	0.9	0.0	2.5	1.0	27.0
SDK, VAR_07	19.8	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
VPC, VAR_01	66.5	68.1	57.1	53.6	50.0	46.3	70.7
VPC, VAR_02	39.7	41.1	30.6	26.7	22.6	17.1	43.8
VPC, VAR_03	37.8	39.5	29.7	25.8	21.6	16.6	42.2
VPC, VAR_04	37.6	39.3	29.1	24.6	19.7	14.7	41.9
VPC, VAR_05	37.0	38.6	28.6	24.5	20.3	15.6	41.3
VPC, VAR_06	36.4	37.7	24.8	21.3	17.5	13.7	40.3
VPC, VAR_07	30.2	31.8	20.8	17.3	13.7	10.0	34.5
Poró, VAR_01	74.7	77.0	66.1	63.4	59.1	57.4	79.4
Poró, VAR_02	47.9	50.0	39.6	36.5	31.7	28.2	52.5
Poró, VAR_03	46.0	48.4	38.7	35.6	30.7	27.7	50.9
Poró, VAR_04	45.8	48.2	38.1	34.4	28.8	25.8	50.6
Poró, VAR_05	45.2	47.5	37.6	34.3	29.4	26.7	50.0
Poró, VAR_06	44.6	46.6	33.8	31.1	26.6	24.8	49.0
Poró, VAR_07	38.4	40.7	29.8	27.1	22.8	21.1	43.2

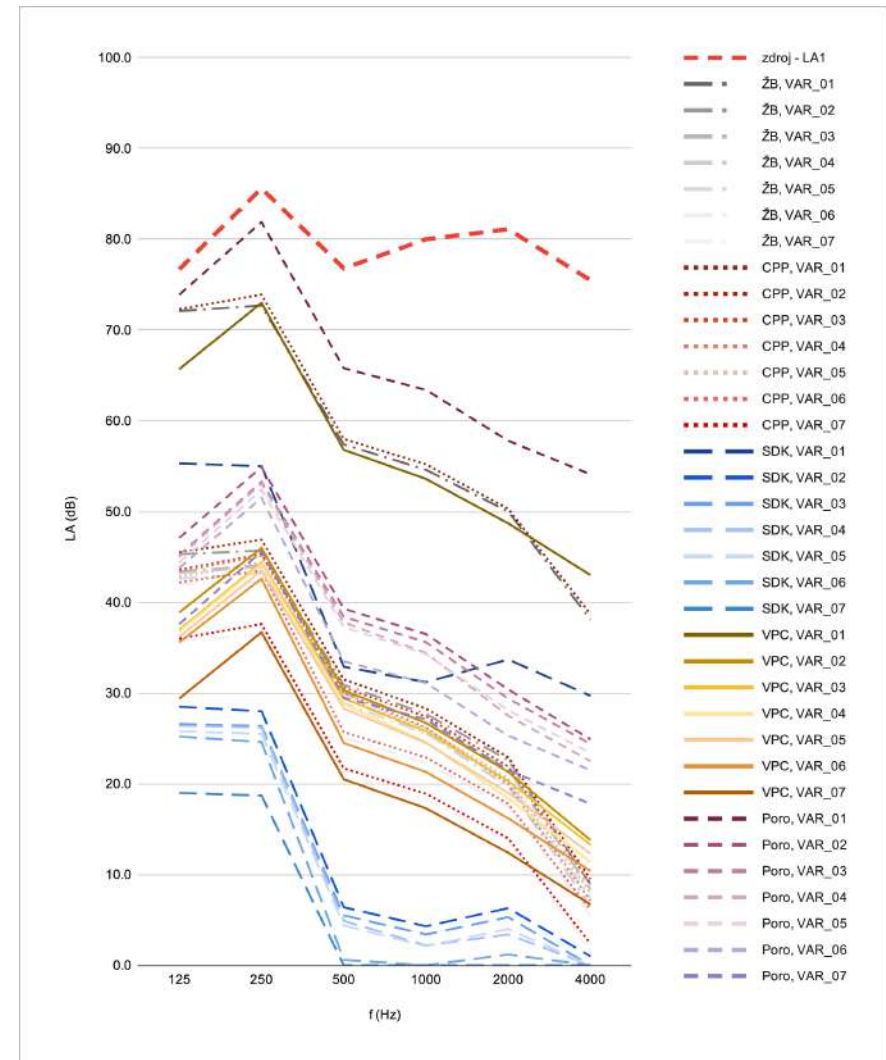


**Obrázek 2.27:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 07 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.14:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 08 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

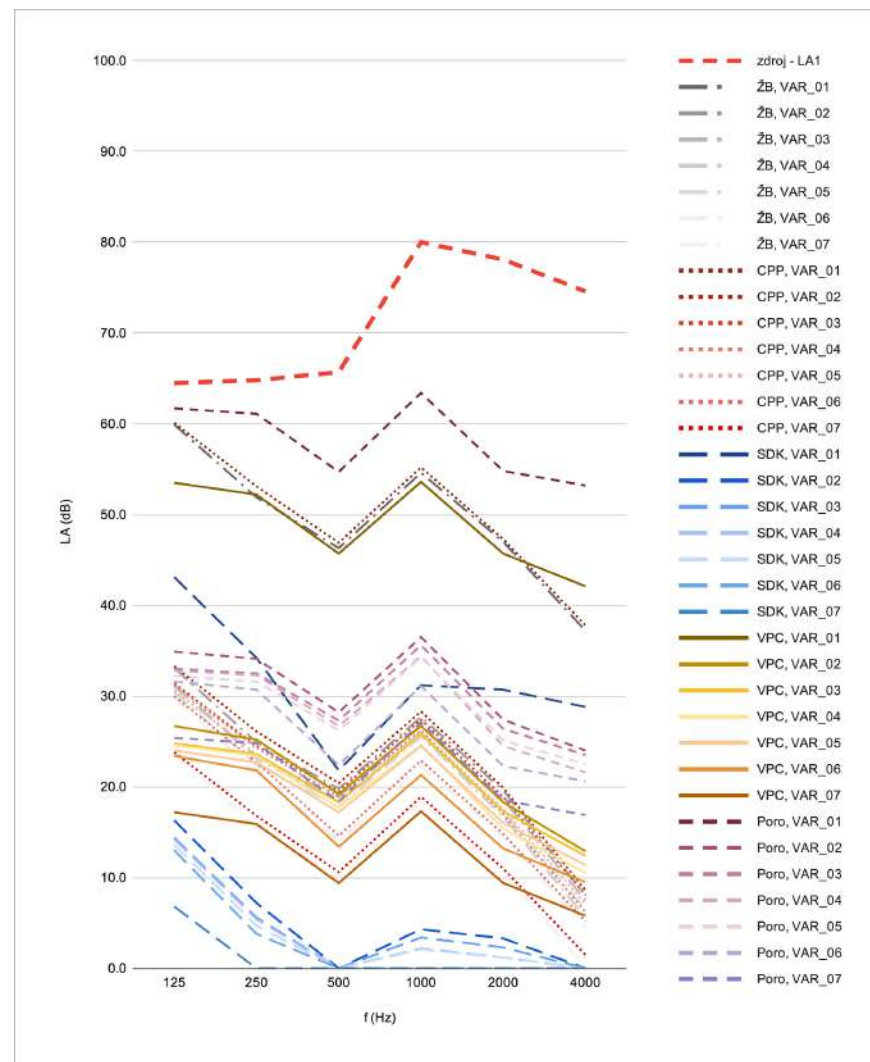
ZVUK 08	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	76.7	85.6	76.8	80.0	81.1	75.5	88.6
ŽB, VAR_01	72.1	72.7	57.4	54.6	50.0	38.1	75.5
ŽB, VAR_02	45.3	45.7	30.9	27.7	22.6	8.9	48.7
ŽB, VAR_03	43.4	44.1	30.0	26.8	21.6	8.4	46.9
ŽB, VAR_04	43.2	43.9	29.4	25.6	19.7	6.5	46.7
ŽB, VAR_05	42.6	43.2	28.9	25.5	20.3	7.4	46.1
ŽB, VAR_06	42.0	42.3	25.1	22.3	17.5	5.5	45.2
ŽB, VAR_07	35.8	36.4	21.1	18.3	13.7	1.8	39.3
CPP, VAR_01	72.3	73.9	58.0	55.2	50.3	38.7	76.3
CPP, VAR_02	45.5	46.9	31.5	28.3	22.9	9.5	49.4
CPP, VAR_03	43.6	45.3	30.6	27.4	21.9	9.0	47.7
CPP, VAR_04	43.4	45.1	30.0	26.2	20.0	7.1	47.5
CPP, VAR_05	42.8	44.4	29.5	26.1	20.6	8.0	46.8
CPP, VAR_06	42.2	43.5	25.7	22.9	17.8	6.1	46.0
CPP, VAR_07	36.0	37.6	21.7	18.9	14.0	2.4	40.0
SDK, VAR_01	55.3	55.0	32.9	31.2	33.7	29.7	58.2
SDK, VAR_02	28.5	28.0	6.4	4.3	6.3	1.0	31.3
SDK, VAR_03	26.6	26.4	5.5	3.4	5.3	0.0	29.6
SDK, VAR_04	26.4	26.2	4.9	2.2	3.4	0.0	29.3
SDK, VAR_05	25.8	25.5	4.4	2.1	4.0	0.0	28.7
SDK, VAR_06	25.2	24.6	0.6	0.0	1.2	0.0	27.9
SDK, VAR_07	19.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	21.9
VPC, VAR_01	65.7	73.0	56.8	53.6	48.7	43.0	73.9
VPC, VAR_02	38.9	46.0	30.3	26.7	21.3	13.8	47.0
VPC, VAR_03	37.0	44.4	29.4	25.8	20.3	13.3	45.3
VPC, VAR_04	36.8	44.2	28.8	24.6	18.4	11.4	45.1
VPC, VAR_05	36.2	43.5	28.3	24.5	19.0	12.3	44.4
VPC, VAR_06	35.6	42.6	24.5	21.3	16.2	10.4	43.5
VPC, VAR_07	29.4	36.7	20.5	17.3	12.4	6.7	37.6
Poró, VAR_01	73.9	81.9	65.8	63.4	57.8	54.1	82.7
Poró, VAR_02	47.1	54.9	39.3	36.5	30.4	24.9	55.8
Poró, VAR_03	45.2	53.3	38.4	35.6	29.4	24.4	54.1
Poró, VAR_04	45.0	53.1	37.8	34.4	27.5	22.5	53.9
Poró, VAR_05	44.4	52.4	37.3	34.3	28.1	23.4	53.2
Poró, VAR_06	43.8	51.5	33.5	31.1	25.3	21.5	52.3
Poró, VAR_07	37.6	45.6	29.5	27.1	21.5	17.8	46.4



**Obrázek 2.28:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 08 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.15:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 09 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 09	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	64.5	64.8	65.7	80.0	78.1	74.6	83.1
ŽB, VAR_01	59.9	51.9	46.3	54.6	47.0	37.2	61.8
ŽB, VAR_02	33.1	24.9	19.8	27.7	19.6	8.0	35.0
ŽB, VAR_03	31.2	23.3	18.9	26.8	18.6	7.5	33.4
ŽB, VAR_04	31.0	23.1	18.3	25.6	16.7	5.6	32.9
ŽB, VAR_05	30.4	22.4	17.8	25.5	17.3	6.5	32.4
ŽB, VAR_06	29.8	21.5	14.0	22.3	14.5	4.6	31.2
ŽB, VAR_07	23.6	15.6	10.0	18.3	10.7	0.0	25.5
CPP, VAR_01	60.1	53.1	46.9	55.2	47.3	37.8	62.2
CPP, VAR_02	33.3	26.1	20.4	28.3	19.9	8.6	35.4
CPP, VAR_03	31.4	24.5	19.5	27.4	18.9	8.1	33.8
CPP, VAR_04	31.2	24.3	18.9	26.2	17.0	6.2	33.3
CPP, VAR_05	30.6	23.6	18.4	26.1	17.6	7.1	32.8
CPP, VAR_06	30.0	22.7	14.6	22.9	14.8	5.2	31.6
CPP, VAR_07	23.8	16.8	10.6	18.9	11.0	1.5	26.0
SDK, VAR_01	43.1	34.2	21.8	31.2	30.7	28.8	44.2
SDK, VAR_02	16.3	7.2	0.0	4.3	3.3	0.0	17.2
SDK, VAR_03	14.4	5.6	0.0	3.4	2.3	0.0	15.5
SDK, VAR_04	14.2	5.4	0.0	2.2	1.2	0.0	15.1
SDK, VAR_05	13.6	4.7	0.0	2.1	1.2	0.0	14.6
SDK, VAR_06	13.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5
SDK, VAR_07	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
VPC, VAR_01	53.5	52.2	45.7	53.6	45.7	42.1	58.5
VPC, VAR_02	26.7	25.2	19.2	26.7	18.3	12.9	31.6
VPC, VAR_03	24.8	23.6	18.3	25.8	17.3	12.4	30.2
VPC, VAR_04	24.6	23.4	17.7	24.6	15.4	10.5	29.5
VPC, VAR_05	24.0	22.7	17.2	24.5	16.0	11.4	29.2
VPC, VAR_06	23.4	21.8	13.4	21.3	13.2	9.5	27.5
VPC, VAR_07	17.2	15.9	9.4	17.3	9.4	5.8	22.3
Poró, VAR_01	61.7	61.1	54.7	63.4	54.8	53.2	67.6
Poró, VAR_02	34.9	34.1	28.2	36.5	27.4	24.0	40.7
Poró, VAR_03	33.0	32.5	27.3	35.6	26.4	23.5	39.3
Poró, VAR_04	32.8	32.3	26.7	34.4	24.5	21.6	38.6
Poró, VAR_05	32.2	31.6	26.2	34.3	25.1	22.5	38.3
Poró, VAR_06	31.6	30.7	22.4	31.1	22.3	20.6	36.4
Poró, VAR_07	25.4	24.8	18.4	27.1	18.5	16.9	31.4

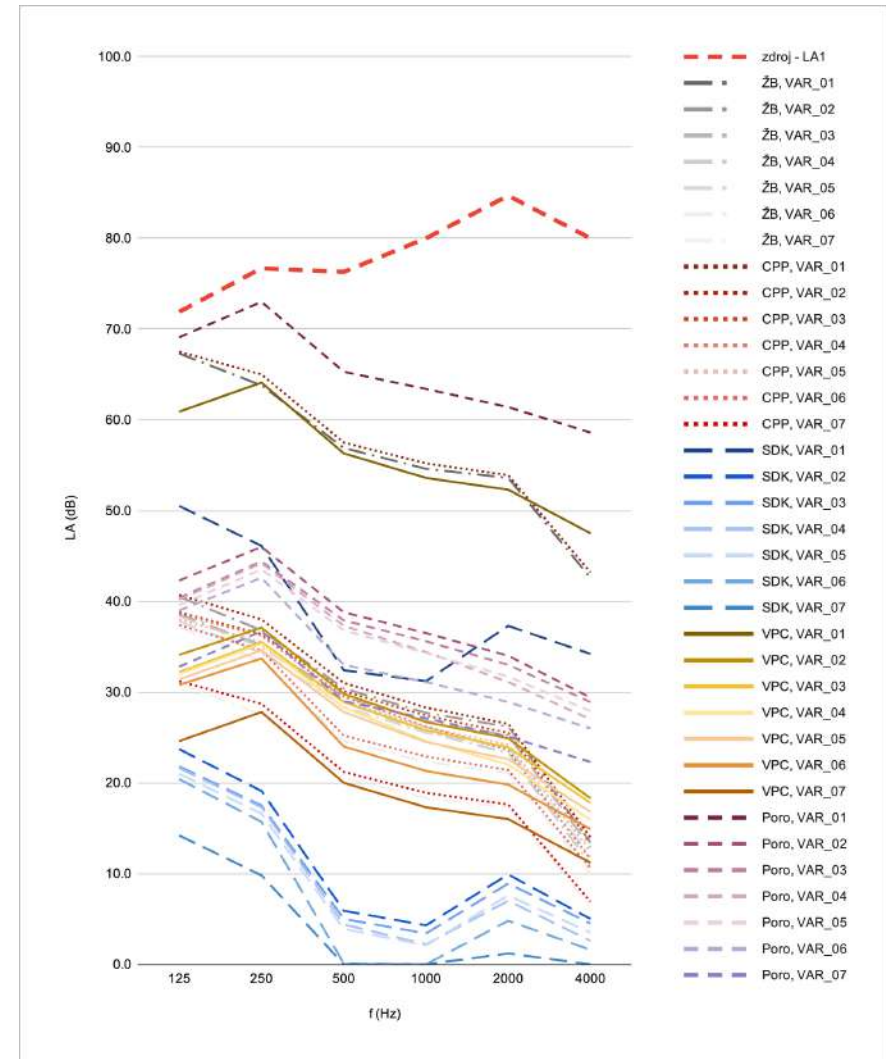


**Obrázek 2.29:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktavových pásmech pro zvuk 09 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.16:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 10 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

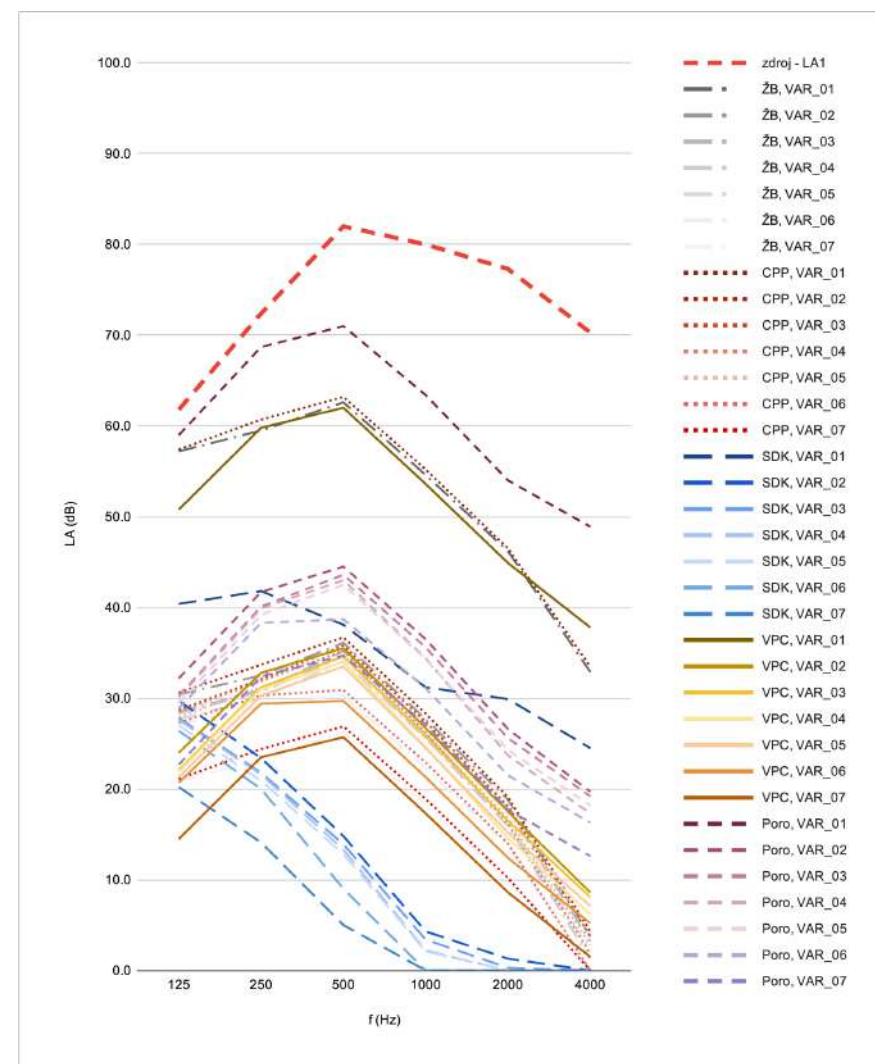
ZVUK 10	Hladina akustického tlaku $L_A$ (dB) pro $f$ (Hz) v prostředí 2						$L_{A2}$ (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	71.9	76.7	76.3	80.0	84.7	80.0	87.8
ŽB, VAR_01	67.3	63.8	56.9	54.6	53.6	42.6	69.4
ŽB, VAR_02	40.5	36.8	30.4	27.7	26.2	13.4	42.6
ŽB, VAR_03	38.6	35.2	29.5	26.8	25.2	12.9	40.9
ŽB, VAR_04	38.4	35.0	28.9	25.6	23.3	11.0	40.6
ŽB, VAR_05	37.8	34.3	28.4	25.5	23.9	11.9	40.0
ŽB, VAR_06	37.2	33.4	24.6	22.3	21.1	10.0	39.1
ŽB, VAR_07	31.0	27.5	20.6	18.3	17.3	6.3	33.2
CPP, VAR_01	67.5	65.0	57.5	55.2	53.9	43.2	70.0
CPP, VAR_02	40.7	38.0	31.0	28.3	26.5	14.0	43.1
CPP, VAR_03	38.8	36.4	30.1	27.4	25.5	13.5	41.4
CPP, VAR_04	38.6	36.2	29.5	26.2	23.6	11.6	41.1
CPP, VAR_05	38.0	35.5	29.0	26.1	24.2	12.5	40.5
CPP, VAR_06	37.4	34.6	25.2	22.9	21.4	10.6	39.6
CPP, VAR_07	31.2	28.7	21.2	18.9	17.6	6.9	33.7
SDK, VAR_01	50.5	46.1	32.4	31.2	37.3	34.2	52.1
SDK, VAR_02	23.7	19.1	5.9	4.3	9.9	5.0	25.3
SDK, VAR_03	21.8	17.5	5.0	3.4	8.9	4.5	23.5
SDK, VAR_04	21.6	17.3	4.4	2.2	7.0	2.6	23.2
SDK, VAR_05	21.0	16.6	3.9	2.1	7.6	3.5	22.6
SDK, VAR_06	20.4	15.7	0.1	0.0	4.8	1.6	21.9
SDK, VAR_07	14.2	9.8	0.0	0.0	1.2	0.0	15.7
VPC, VAR_01	60.9	64.1	56.3	53.6	52.3	47.5	66.7
VPC, VAR_02	34.1	37.1	29.8	26.7	24.9	18.3	39.8
VPC, VAR_03	32.2	35.5	28.9	25.8	23.9	17.8	38.3
VPC, VAR_04	32.0	35.3	28.3	24.6	22.0	15.9	37.9
VPC, VAR_05	31.4	34.6	27.8	24.5	22.6	16.8	37.3
VPC, VAR_06	30.8	33.7	24.0	21.3	19.8	14.9	36.1
VPC, VAR_07	24.6	27.8	20.0	17.3	16.0	11.2	30.5
Poró, VAR_01	69.1	73.0	65.3	63.4	61.4	58.6	75.5
Poró, VAR_02	42.3	46.0	38.8	36.5	34.0	29.4	48.6
Poró, VAR_03	40.4	44.4	37.9	35.6	33.0	28.9	47.1
Poró, VAR_04	40.2	44.2	37.3	34.4	31.1	27.0	46.7
Poró, VAR_05	39.6	43.5	36.8	34.3	31.7	27.9	46.1
Poró, VAR_06	39.0	42.6	33.0	31.1	28.9	26.0	44.8
Poró, VAR_07	32.8	36.7	29.0	27.1	25.1	22.3	39.3



**Obrázek 2.30:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 10 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.17:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 11 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

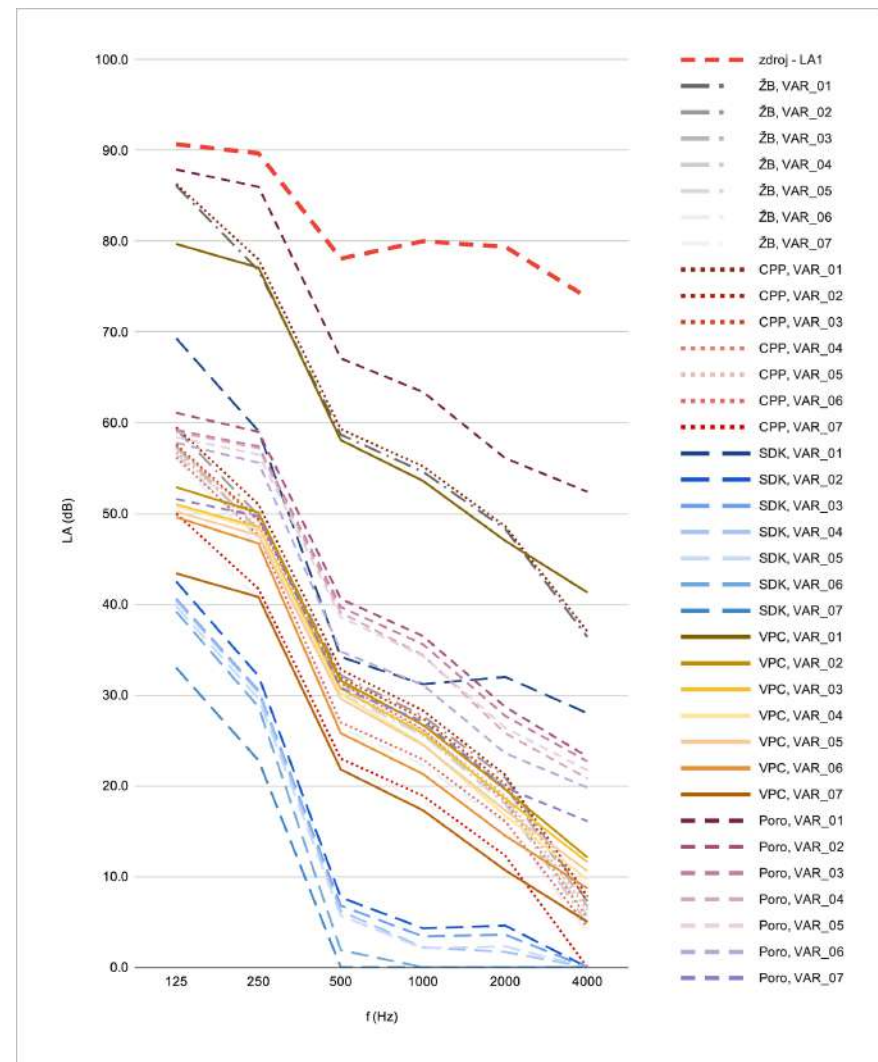
ZVUK 11	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	61.8	72.4	82.0	80.0	77.3	70.3	85.3
ŽB, VAR_01	57.2	59.5	62.6	54.6	46.2	32.9	65.5
ŽB, VAR_02	30.4	32.5	36.1	27.7	18.8	3.7	38.8
ŽB, VAR_03	28.5	30.9	35.2	26.8	17.8	3.2	37.6
ŽB, VAR_04	28.3	30.7	34.6	25.6	15.9	1.3	37.1
ŽB, VAR_05	27.7	30.0	34.1	25.5	16.5	2.2	36.6
ŽB, VAR_06	27.1	29.1	30.3	22.3	13.7	0.0	34.1
ŽB, VAR_07	20.9	23.2	26.3	18.3	9.9	0.0	29.3
CPP, VAR_01	57.4	60.7	63.2	55.2	46.5	33.5	66.2
CPP, VAR_02	30.6	33.7	36.7	28.3	19.1	4.3	39.5
CPP, VAR_03	28.7	32.1	35.8	27.4	18.1	3.8	38.3
CPP, VAR_04	28.5	31.9	35.2	26.2	16.2	1.9	37.8
CPP, VAR_05	27.9	31.2	34.7	26.1	16.8	2.8	37.3
CPP, VAR_06	27.3	30.3	30.9	22.9	14.0	0.0	34.9
CPP, VAR_07	21.1	24.4	26.9	18.9	10.2	0.0	30.0
SDK, VAR_01	40.4	41.8	38.1	31.2	29.9	24.5	45.5
SDK, VAR_02	29.7	23.4	14.8	4.3	1.3	0.0	30.8
SDK, VAR_03	27.8	21.8	13.9	3.4	0.3	0.0	28.9
SDK, VAR_04	27.6	21.6	13.3	2.2	0.0	0.0	28.7
SDK, VAR_05	27.0	20.9	12.8	2.1	0.0	0.0	28.1
SDK, VAR_06	26.4	20.0	9.0	0.0	0.0	0.0	27.4
SDK, VAR_07	20.2	14.1	5.0	0.0	0.0	0.0	21.3
VPC, VAR_01	50.8	59.8	62.0	53.6	44.9	37.8	64.7
VPC, VAR_02	24.0	32.8	35.5	26.7	17.5	8.6	38.0
VPC, VAR_03	22.1	31.2	34.6	25.8	16.5	8.1	36.8
VPC, VAR_04	21.9	31.0	34.0	24.6	14.6	6.2	36.3
VPC, VAR_05	21.3	30.3	33.5	24.5	15.2	7.1	35.7
VPC, VAR_06	20.7	29.4	29.7	21.3	12.4	5.2	33.2
VPC, VAR_07	14.5	23.5	25.7	17.3	8.6	1.5	28.4
Poró, VAR_01	59.0	68.7	71.0	63.4	54.0	48.9	73.7
Poró, VAR_02	32.2	41.7	44.5	36.5	26.6	19.7	47.0
Poró, VAR_03	30.3	40.1	43.6	35.6	25.6	19.2	45.8
Poró, VAR_04	30.1	39.9	43.0	34.4	23.7	17.3	45.3
Poró, VAR_05	29.5	39.2	42.5	34.3	24.3	18.2	44.7
Poró, VAR_06	28.9	38.3	38.7	31.1	21.5	16.3	42.2
Poró, VAR_07	22.7	32.4	34.7	27.1	17.7	12.6	37.4



**Obrázek 2.31:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 11 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.18:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 12 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 12	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	90.7	89.7	78.1	80.0	79.4	73.8	93.8
ŽB, VAR_01	86.1	76.8	58.7	54.6	48.3	36.4	86.6
ŽB, VAR_02	59.3	49.8	32.2	27.7	20.9	7.2	59.8
ŽB, VAR_03	57.4	48.2	31.3	26.8	19.9	6.7	57.9
ŽB, VAR_04	57.2	48.0	30.7	25.6	18.0	4.8	57.7
ŽB, VAR_05	56.6	47.3	30.2	25.5	18.6	5.7	57.1
ŽB, VAR_06	56.0	46.4	26.4	22.3	15.8	3.8	56.5
ŽB, VAR_07	49.8	40.5	22.4	18.3	12.0	0.0	50.3
CPP, VAR_01	86.3	78.0	59.3	55.2	48.6	37.0	86.9
CPP, VAR_02	59.5	51.0	32.8	28.3	21.2	7.8	60.1
CPP, VAR_03	57.6	49.4	31.9	27.4	20.2	7.3	58.2
CPP, VAR_04	57.4	49.2	31.3	26.2	18.3	5.4	58.0
CPP, VAR_05	56.8	48.5	30.8	26.1	18.9	6.3	57.4
CPP, VAR_06	56.2	47.6	27.0	22.9	16.1	4.4	56.8
CPP, VAR_07	50.0	41.7	23.0	18.9	12.3	0.0	50.7
SDK, VAR_01	69.3	59.1	34.2	31.2	32.0	28.0	69.7
SDK, VAR_02	42.5	32.1	7.7	4.3	4.6	0.0	42.9
SDK, VAR_03	40.6	30.5	6.8	3.4	3.6	0.0	41.0
SDK, VAR_04	40.4	30.3	6.2	2.2	1.7	0.0	40.8
SDK, VAR_05	39.8	29.6	5.7	2.1	2.3	0.0	40.2
SDK, VAR_06	39.2	28.7	1.9	0.0	0.0	0.0	39.6
SDK, VAR_07	33.0	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	33.4
VPC, VAR_01	79.7	77.1	58.1	53.6	47.0	41.3	81.6
VPC, VAR_02	52.9	50.1	31.6	26.7	19.6	12.1	54.8
VPC, VAR_03	51.0	48.5	30.7	25.8	18.6	11.6	53.0
VPC, VAR_04	50.8	48.3	30.1	24.6	16.7	9.7	52.8
VPC, VAR_05	50.2	47.6	29.6	24.5	17.3	10.6	52.1
VPC, VAR_06	49.6	46.7	25.8	21.3	14.5	8.7	51.4
VPC, VAR_07	43.4	40.8	21.8	17.3	10.7	5.0	45.4
Poró, VAR_01	87.9	86.0	67.1	63.4	56.1	52.4	90.1
Poró, VAR_02	61.1	59.0	40.6	36.5	28.7	23.2	63.2
Poró, VAR_03	59.2	57.4	39.7	35.6	27.7	22.7	61.5
Poró, VAR_04	59.0	57.2	39.1	34.4	25.8	20.8	61.2
Poró, VAR_05	58.4	56.5	38.6	34.3	26.4	21.7	60.6
Poró, VAR_06	57.8	55.6	34.8	31.1	23.6	19.8	59.9
Poró, VAR_07	51.6	49.7	30.8	27.1	19.8	16.1	53.8

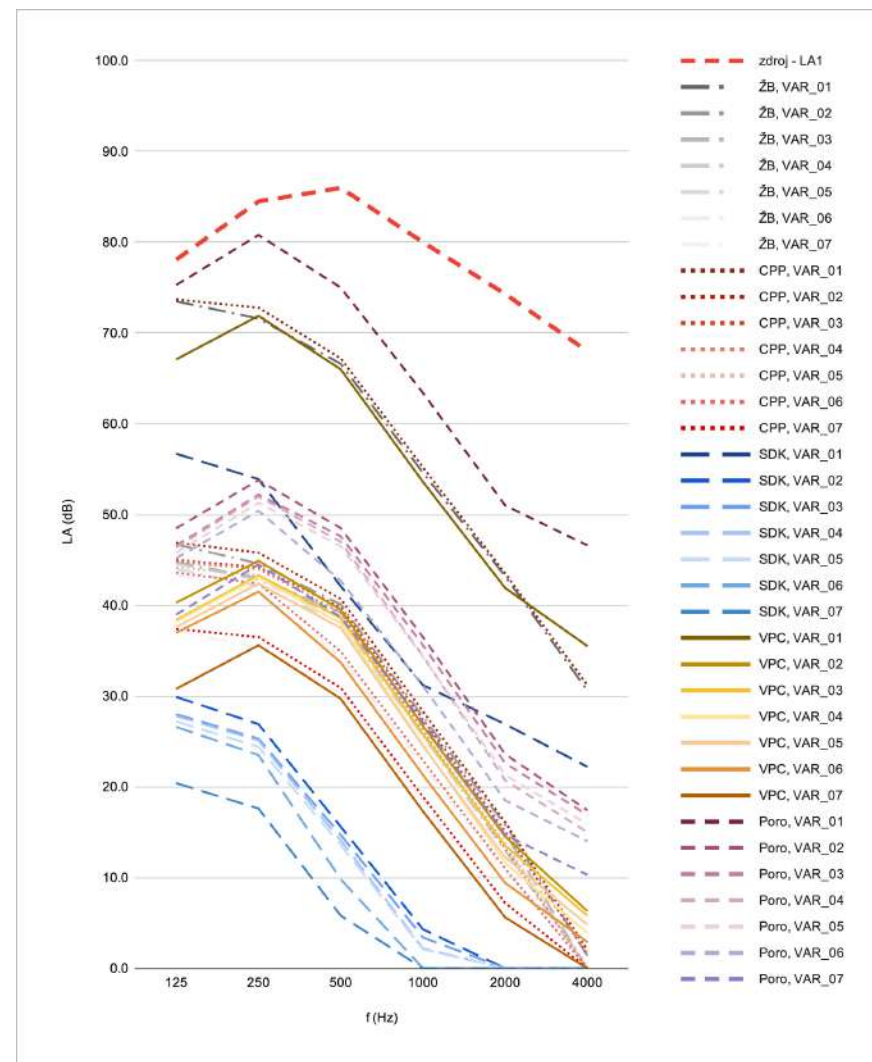


**Obrázek 2.32:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 12 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.19:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 13 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

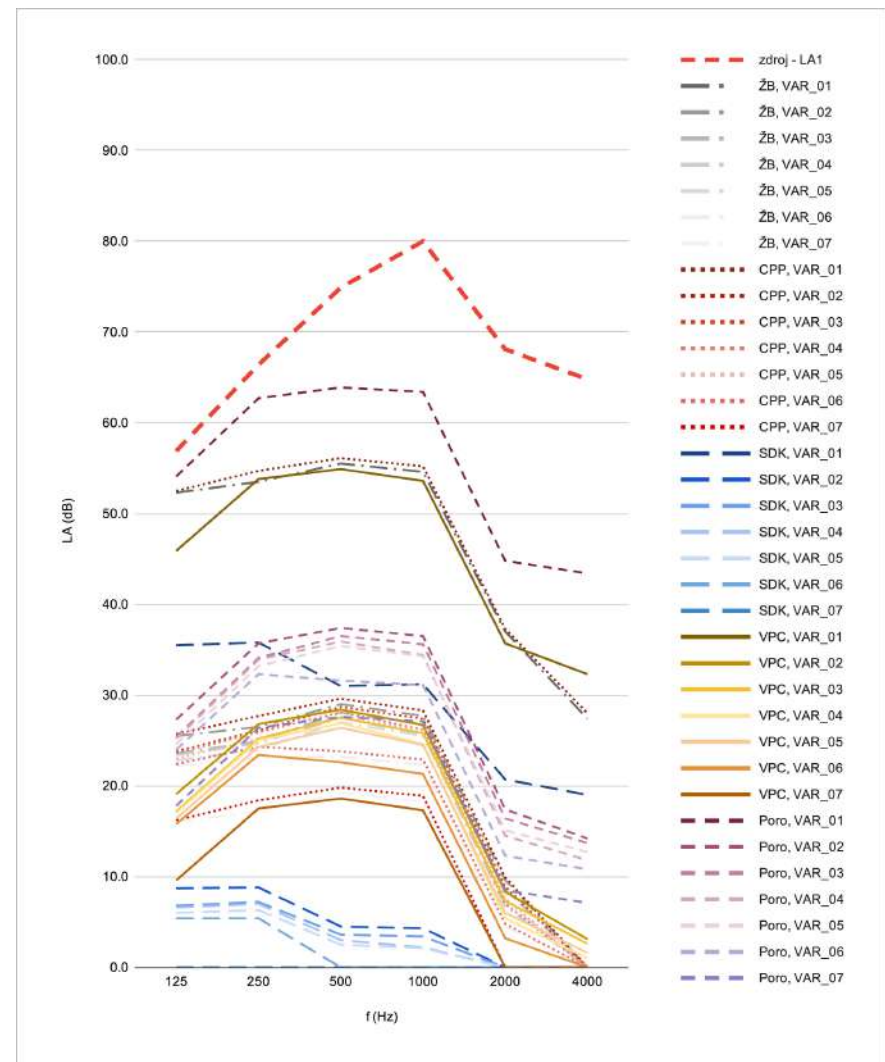
ZVUK 13	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	78.1	84.5	86.0	80.0	74.3	68.0	89.4
ŽB, VAR_01	73.5	71.6	66.6	54.6	43.2	30.6	76.2
ŽB, VAR_02	46.7	44.6	40.1	27.7	15.8	1.4	49.4
ŽB, VAR_03	44.8	43.0	39.2	26.8	14.8	0.0	47.7
ŽB, VAR_04	44.6	42.8	38.6	25.6	12.9	0.0	47.4
ŽB, VAR_05	44.0	42.1	38.1	25.5	13.5	0.0	46.8
ŽB, VAR_06	43.4	41.2	34.3	22.3	10.7	0.0	45.8
ŽB, VAR_07	37.2	35.3	30.3	18.3	6.9	0.0	40.0
CPP, VAR_01	73.7	72.8	67.2	55.2	43.5	31.2	76.8
CPP, VAR_02	46.9	45.8	40.7	28.3	16.1	2.0	50.0
CPP, VAR_03	45.0	44.2	39.8	27.4	15.1	1.5	48.3
CPP, VAR_04	44.8	44.0	39.2	26.2	13.2	0.0	48.1
CPP, VAR_05	44.2	43.3	38.7	26.1	13.8	0.0	47.4
CPP, VAR_06	43.6	42.4	34.9	22.9	11.0	0.0	46.4
CPP, VAR_07	37.4	36.5	30.9	18.9	7.2	0.0	40.6
SDK, VAR_01	56.7	53.9	42.1	31.2	26.9	22.2	58.6
SDK, VAR_02	29.9	26.9	15.6	4.3	0.0	0.0	31.8
SDK, VAR_03	28.0	25.3	14.7	3.4	0.0	0.0	30.0
SDK, VAR_04	27.8	25.1	14.1	2.2	0.0	0.0	29.8
SDK, VAR_05	27.2	24.4	13.6	2.1	0.0	0.0	29.2
SDK, VAR_06	26.6	23.5	9.8	0.0	0.0	0.0	28.4
SDK, VAR_07	20.4	17.6	5.8	0.0	0.0	0.0	22.4
VPC, VAR_01	67.1	71.9	66.0	53.6	41.9	35.5	74.0
VPC, VAR_02	40.3	44.9	39.5	26.7	14.5	6.3	47.1
VPC, VAR_03	38.4	43.3	38.6	25.8	13.5	5.8	45.6
VPC, VAR_04	38.2	43.1	38.0	24.6	11.6	3.9	45.3
VPC, VAR_05	37.6	42.4	37.5	24.5	12.2	4.8	44.6
VPC, VAR_06	37.0	41.5	33.7	21.3	9.4	2.9	43.3
VPC, VAR_07	30.8	35.6	29.7	17.3	5.6	0.0	37.7
Poró, VAR_01	75.3	80.8	75.0	63.4	51.0	46.6	82.7
Poró, VAR_02	48.5	53.8	48.5	36.5	23.6	17.4	55.9
Poró, VAR_03	46.6	52.2	47.6	35.6	22.6	16.9	54.4
Poró, VAR_04	46.4	52.0	47.0	34.4	20.7	15.0	54.1
Poró, VAR_05	45.8	51.3	46.5	34.3	21.3	15.9	53.4
Poró, VAR_06	45.2	50.4	42.7	31.1	18.5	14.0	52.1
Poró, VAR_07	39.0	44.5	38.7	27.1	14.7	10.3	46.5



**Obrázek 2.33:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 13 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.20:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 14 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

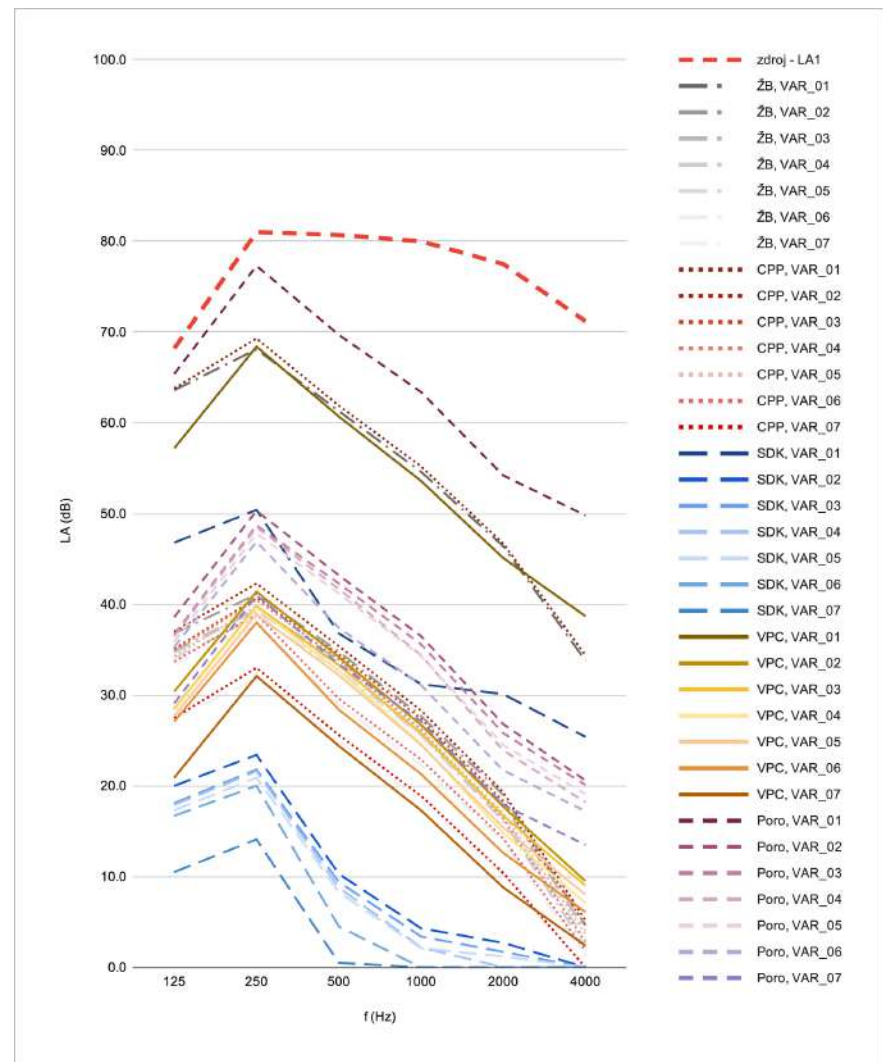
ZVUK 14	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	56.9	66.4	74.9	80.0	68.1	64.8	81.6
ŽB, VAR_01	52.3	53.5	55.5	54.6	37.0	27.4	60.2
ŽB, VAR_02	25.5	26.5	29.0	27.7	9.6	0.0	33.4
ŽB, VAR_03	23.6	24.9	28.1	26.8	8.6	0.0	32.2
ŽB, VAR_04	23.4	24.7	27.5	25.6	6.7	0.0	31.6
ŽB, VAR_05	22.8	24.0	27.0	25.5	7.3	0.0	31.1
ŽB, VAR_06	22.2	23.1	23.2	22.3	4.5	0.0	28.8
ŽB, VAR_07	16.0	17.2	19.2	18.3	0.0	0.0	23.9
CPP, VAR_01	52.5	54.7	56.1	55.2	37.3	28.0	60.9
CPP, VAR_02	25.7	27.7	29.6	28.3	9.9	0.0	34.1
CPP, VAR_03	23.8	26.1	28.7	27.4	8.9	0.0	32.9
CPP, VAR_04	23.6	25.9	28.1	26.2	7.0	0.0	32.3
CPP, VAR_05	23.0	25.2	27.6	26.1	7.6	0.0	31.8
CPP, VAR_06	22.4	24.3	23.8	22.9	4.8	0.0	29.5
CPP, VAR_07	16.2	18.4	19.8	18.9	0.0	0.0	24.6
SDK, VAR_01	35.5	35.8	31.0	31.2	20.7	19.0	40.1
SDK, VAR_02	8.7	8.8	4.5	4.3	0.0	0.0	13.1
SDK, VAR_03	6.8	7.2	3.6	3.4	0.0	0.0	11.6
SDK, VAR_04	6.6	7.0	3.0	2.2	0.0	0.0	11.2
SDK, VAR_05	6.0	6.3	2.5	2.1	0.0	0.0	10.7
SDK, VAR_06	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
SDK, VAR_07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VPC, VAR_01	45.9	53.8	54.9	53.6	35.7	32.3	59.1
VPC, VAR_02	19.1	26.8	28.4	26.7	8.3	3.1	32.4
VPC, VAR_03	17.2	25.2	27.5	25.8	7.3	2.6	31.3
VPC, VAR_04	17.0	25.0	26.9	24.6	5.4	1.0	30.6
VPC, VAR_05	16.4	24.3	26.4	24.5	6.0	1.6	30.1
VPC, VAR_06	15.8	23.4	22.6	21.3	3.2	0.0	27.6
VPC, VAR_07	9.6	17.5	18.6	17.3	0.0	0.0	22.9
Poró, VAR_01	54.1	62.7	63.9	63.4	44.8	43.4	68.3
Poró, VAR_02	27.3	35.7	37.4	36.5	17.4	14.2	41.6
Poró, VAR_03	25.4	34.1	36.5	35.6	16.4	13.7	40.5
Poró, VAR_04	25.2	33.9	35.9	34.4	14.5	11.8	39.8
Poró, VAR_05	24.6	33.2	35.4	34.3	15.1	12.7	39.3
Poró, VAR_06	24.0	32.3	31.6	31.1	12.3	10.8	36.7
Poró, VAR_07	17.8	26.4	27.6	27.1	8.5	7.1	32.1



**Obrázek 2.34:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 14 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.21:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 15 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 15	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	68.2	81.0	80.7	80.0	77.5	71.2	86.2
ŽB, VAR_01	63.6	68.1	61.3	54.6	46.4	33.8	70.2
ŽB, VAR_02	36.8	41.1	34.8	27.7	19.0	4.6	43.3
ŽB, VAR_03	34.9	39.5	33.9	26.8	18.0	4.1	41.8
ŽB, VAR_04	34.7	39.3	33.3	25.6	16.1	2.2	41.5
ŽB, VAR_05	34.1	38.6	32.8	25.5	16.7	3.1	40.8
ŽB, VAR_06	33.5	37.7	29.0	22.3	13.9	1.2	39.6
ŽB, VAR_07	27.3	31.8	25.0	18.3	10.1	0.0	33.9
CPP, VAR_01	63.8	69.3	61.9	55.2	46.7	34.4	71.1
CPP, VAR_02	37.0	42.3	35.4	28.3	19.3	5.2	44.2
CPP, VAR_03	35.1	40.7	34.5	27.4	18.3	4.7	42.7
CPP, VAR_04	34.9	40.5	33.9	26.2	16.4	2.8	42.4
CPP, VAR_05	34.3	39.8	33.4	26.1	17.0	3.7	41.7
CPP, VAR_06	33.7	38.9	29.6	22.9	14.2	1.8	40.5
CPP, VAR_07	27.5	33.0	25.6	18.9	10.4	0.0	34.8
SDK, VAR_01	46.8	50.4	36.8	31.2	30.1	25.4	52.2
SDK, VAR_02	20.0	23.4	10.3	4.3	2.7	0.0	25.3
SDK, VAR_03	18.1	21.8	9.4	3.4	1.7	0.0	23.6
SDK, VAR_04	17.9	21.6	8.8	2.2	0.0	0.0	23.3
SDK, VAR_05	17.3	20.9	8.3	2.1	1.2	0.0	22.7
SDK, VAR_06	16.7	20.0	4.5	0.0	0.0	0.0	21.7
SDK, VAR_07	10.5	14.1	0.5	0.0	0.0	0.0	15.8
VPC, VAR_01	57.2	68.4	60.7	53.6	45.1	38.7	69.5
VPC, VAR_02	30.4	41.4	34.2	26.7	17.7	9.5	42.6
VPC, VAR_03	28.5	39.8	33.3	25.8	16.7	9.0	41.1
VPC, VAR_04	28.3	39.6	32.7	24.6	14.8	7.1	40.8
VPC, VAR_05	27.7	38.9	32.2	24.5	15.4	8.0	40.1
VPC, VAR_06	27.1	38.0	28.4	21.3	12.6	6.1	38.8
VPC, VAR_07	20.9	32.1	24.4	17.3	8.8	2.4	33.2
Poró, VAR_01	65.4	77.3	69.7	63.4	54.2	49.8	78.4
Poró, VAR_02	38.6	50.3	43.2	36.5	26.8	20.6	51.5
Poró, VAR_03	36.7	48.7	42.3	35.6	25.8	20.1	50.0
Poró, VAR_04	36.5	48.5	41.7	34.4	23.9	18.2	49.7
Poró, VAR_05	35.9	47.8	41.2	34.3	24.5	19.1	49.0
Poró, VAR_06	35.3	46.9	37.4	31.1	21.7	17.2	47.7
Poró, VAR_07	29.1	41.0	33.4	27.1	17.9	13.5	42.1

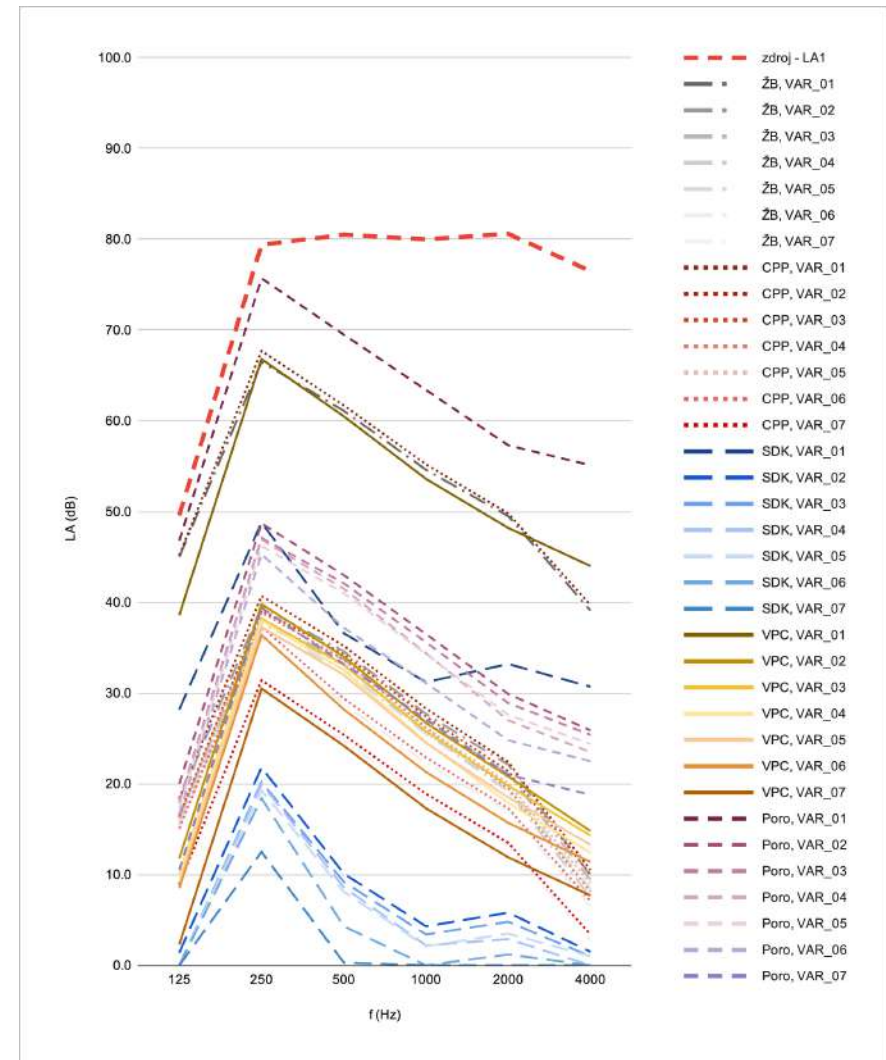


**Obrázek 2.35:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 15 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.22:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 16 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

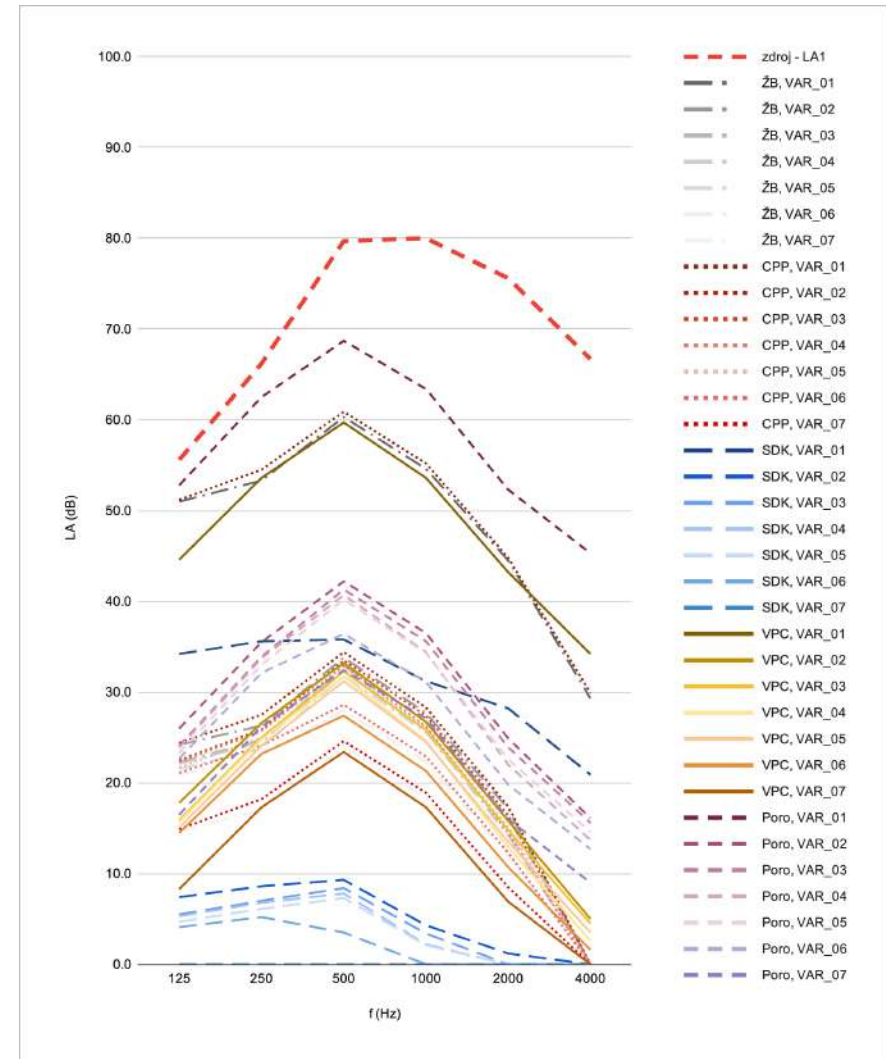
ZVUK 16	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	49.6	79.4	80.5	80.0	80.6	76.5	86.6
ŽB, VAR_01	45.0	66.5	61.1	54.6	49.5	39.1	67.9
ŽB, VAR_02	18.2	39.5	34.6	27.7	22.1	9.9	41.0
ŽB, VAR_03	16.3	37.9	33.7	26.8	21.1	9.4	39.6
ŽB, VAR_04	16.1	37.7	33.1	25.6	19.2	7.5	39.3
ŽB, VAR_05	15.5	37.0	32.6	25.5	19.8	8.4	38.6
ŽB, VAR_06	14.9	36.1	28.8	22.3	17.0	6.5	37.0
ŽB, VAR_07	8.7	30.2	24.8	18.3	13.2	2.8	31.7
CPP, VAR_01	45.2	67.7	61.7	55.2	49.8	39.7	68.9
CPP, VAR_02	18.4	40.7	35.2	28.3	22.4	10.5	42.1
CPP, VAR_03	16.5	39.1	34.3	27.4	21.4	10.0	40.6
CPP, VAR_04	16.3	38.9	33.7	26.2	19.5	8.1	40.3
CPP, VAR_05	15.7	38.2	33.2	26.1	20.1	9.0	39.7
CPP, VAR_06	15.1	37.3	29.4	22.9	17.3	7.1	38.1
CPP, VAR_07	8.9	31.4	25.4	18.9	13.5	3.4	32.7
SDK, VAR_01	28.2	48.8	36.6	31.2	33.2	30.7	49.3
SDK, VAR_02	1.4	21.8	10.1	4.3	5.8	1.5	22.4
SDK, VAR_03	0.0	20.2	9.2	3.4	4.8	1.0	20.8
SDK, VAR_04	0.0	20.0	8.6	2.2	2.9	0.0	20.5
SDK, VAR_05	0.0	19.3	8.1	2.1	3.5	1.0	19.9
SDK, VAR_06	0.0	18.4	4.3	0.0	1.2	0.0	18.6
SDK, VAR_07	0.0	12.5	0.3	0.0	0.0	0.0	12.8
VPC, VAR_01	38.6	66.8	60.5	53.6	48.2	44.0	67.9
VPC, VAR_02	11.8	39.8	34.0	26.7	20.8	14.8	41.1
VPC, VAR_03	9.9	38.2	33.1	25.8	19.8	14.3	39.6
VPC, VAR_04	9.7	38.0	32.5	24.6	17.9	12.4	39.3
VPC, VAR_05	9.1	37.3	32.0	24.5	18.5	13.3	38.6
VPC, VAR_06	8.5	36.4	28.2	21.3	15.7	11.4	37.1
VPC, VAR_07	2.3	30.5	24.2	17.3	11.9	7.7	31.7
Poró, VAR_01	46.8	75.7	69.5	63.4	57.3	55.1	76.9
Poró, VAR_02	20.0	48.7	43.0	36.5	29.9	25.9	50.0
Poró, VAR_03	18.1	47.1	42.1	35.6	28.9	25.4	48.6
Poró, VAR_04	17.9	46.9	41.5	34.4	27.0	23.5	48.3
Poró, VAR_05	17.3	46.2	41.0	34.3	27.6	24.4	47.6
Poró, VAR_06	16.7	45.3	37.2	31.1	24.8	22.5	46.1
Poró, VAR_07	10.5	39.4	33.2	27.1	21.0	18.8	40.7



**Obrázek 2.36:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 16 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.23:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 17 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 17	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	55.6	66.2	79.7	80.0	75.6	66.7	83.8
ŽB, VAR_01	51.0	53.3	60.3	54.6	44.5	29.3	62.4
ŽB, VAR_02	24.2	26.3	33.8	27.7	17.1	0.0	35.7
ŽB, VAR_03	22.3	24.7	32.9	26.8	16.1	0.0	34.7
ŽB, VAR_04	22.1	24.5	32.3	25.6	14.2	0.0	34.0
ŽB, VAR_05	21.5	23.8	31.8	25.5	14.8	0.0	33.5
ŽB, VAR_06	20.9	22.9	28.0	22.3	12.0	0.0	30.6
ŽB, VAR_07	14.7	17.0	24.0	18.3	8.2	0.0	26.1
CPP, VAR_01	51.2	54.5	60.9	55.2	44.8	29.9	63.0
CPP, VAR_02	24.4	27.5	34.4	28.3	17.4	0.0	36.4
CPP, VAR_03	22.5	25.9	33.5	27.4	16.4	0.0	35.3
CPP, VAR_04	22.3	25.7	32.9	26.2	14.5	0.0	34.7
CPP, VAR_05	21.7	25.0	32.4	26.1	15.1	0.0	34.2
CPP, VAR_06	21.1	24.1	28.6	22.9	12.3	0.0	31.2
CPP, VAR_07	14.9	18.2	24.6	18.9	8.5	0.0	26.8
SDK, VAR_01	34.2	35.6	35.8	31.2	28.2	20.9	40.9
SDK, VAR_02	7.4	8.6	9.3	4.3	1.2	0.0	14.0
SDK, VAR_03	5.5	7.0	8.4	3.4	0.0	0.0	12.5
SDK, VAR_04	5.3	6.8	7.8	2.2	0.0	0.0	12.0
SDK, VAR_05	4.7	6.1	7.3	2.1	0.0	0.0	11.5
SDK, VAR_06	4.1	5.2	3.5	0.0	0.0	0.0	9.1
SDK, VAR_07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VPC, VAR_01	44.6	53.6	59.7	53.6	43.2	34.2	61.6
VPC, VAR_02	17.8	26.6	33.2	26.7	15.8	5.0	35.0
VPC, VAR_03	15.9	25.0	32.3	25.8	14.8	4.5	33.9
VPC, VAR_04	15.7	24.8	31.7	24.6	12.9	2.6	33.3
VPC, VAR_05	15.1	24.1	31.2	24.5	13.5	3.5	32.8
VPC, VAR_06	14.5	23.2	27.4	21.3	10.7	1.6	29.7
VPC, VAR_07	8.3	17.3	23.4	17.3	6.9	0.0	25.3
Poró, VAR_01	52.8	62.5	68.7	63.4	52.3	45.3	70.7
Poró, VAR_02	26.0	35.5	42.2	36.5	24.9	16.1	44.1
Poró, VAR_03	24.1	33.9	41.3	35.6	23.9	15.6	43.1
Poró, VAR_04	23.9	33.7	40.7	34.4	22.0	13.7	42.4
Poró, VAR_05	23.3	33.0	40.2	34.3	22.6	14.6	41.9
Poró, VAR_06	22.7	32.1	36.4	31.1	19.8	12.7	38.8
Poró, VAR_07	16.5	26.2	32.4	27.1	16.0	9.0	34.5

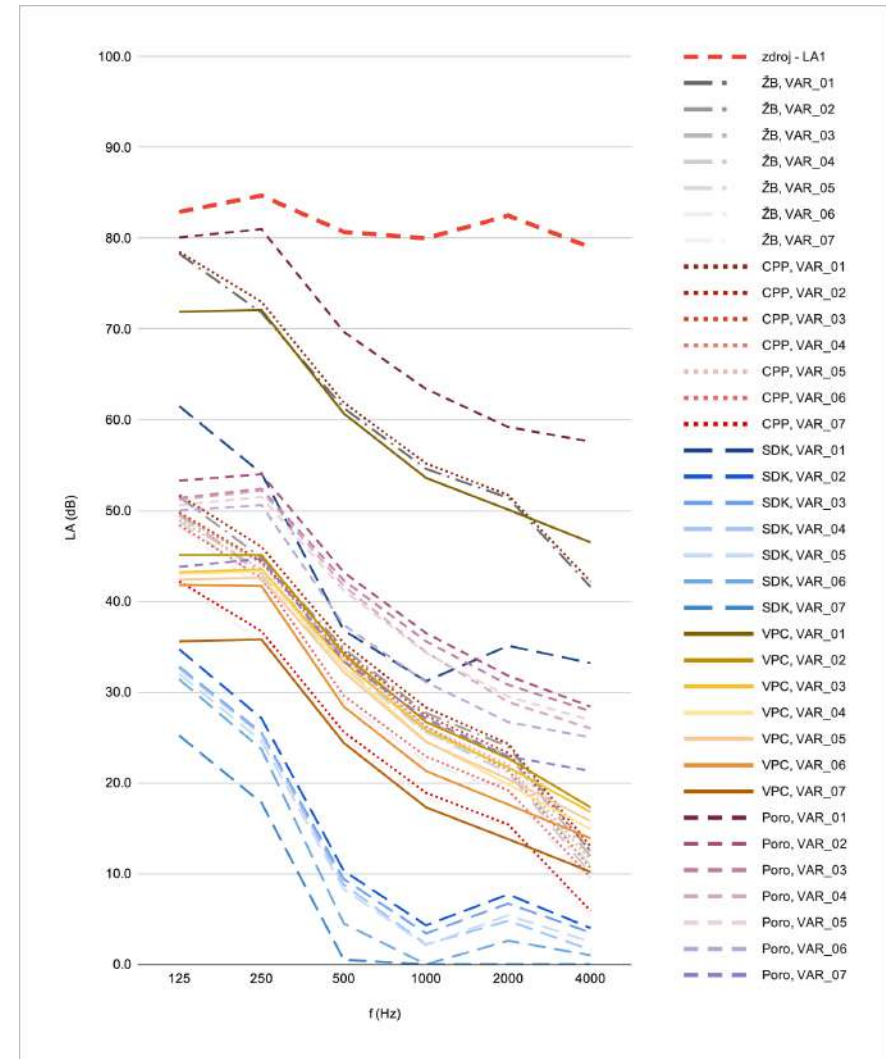


**Obrázek 2.37:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 17 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2



**Tabulka 2.24:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 18 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

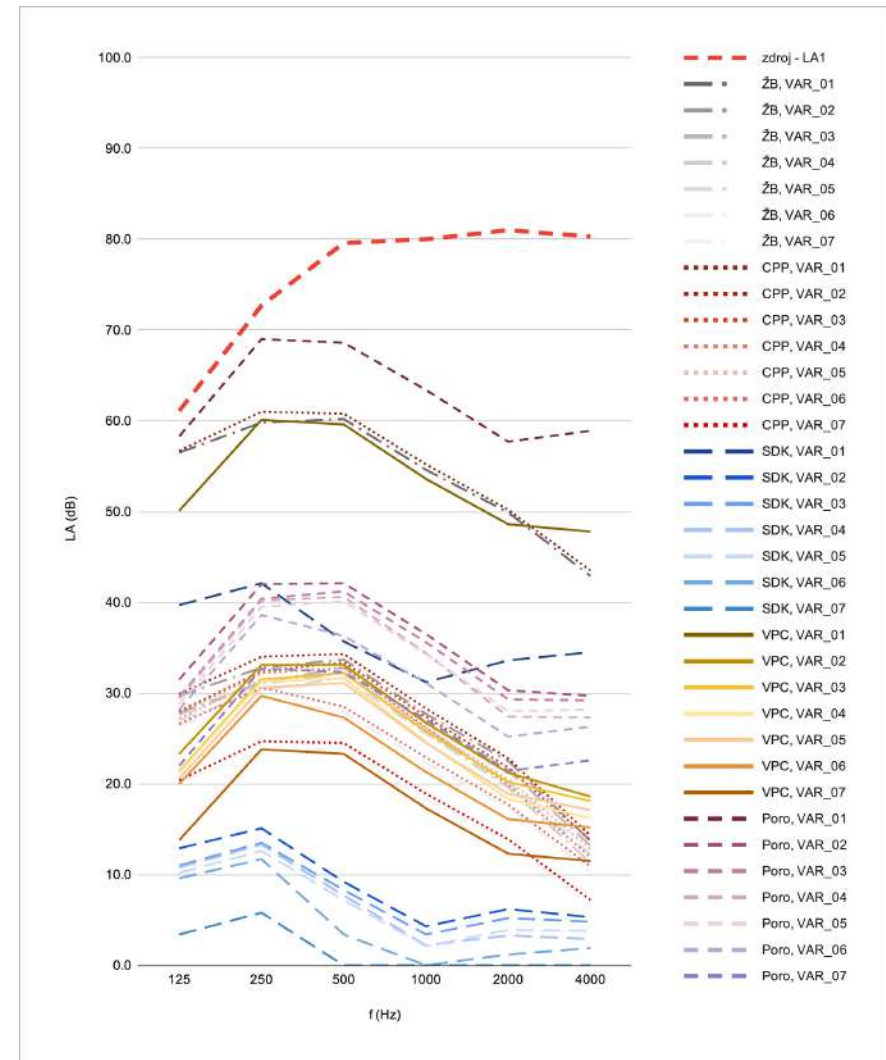
ZVUK 18	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	82.9	84.7	80.7	80.0	82.5	79.0	89.8
ŽB, VAR_01	78.3	71.8	61.3	54.6	51.4	41.6	79.3
ŽB, VAR_02	51.5	44.8	34.8	27.7	24.0	12.4	52.5
ŽB, VAR_03	49.6	43.2	33.9	26.8	23.0	11.9	50.6
ŽB, VAR_04	49.4	43.0	33.3	25.6	21.1	10.0	50.4
ŽB, VAR_05	48.8	42.3	32.8	25.5	21.7	10.9	49.8
ŽB, VAR_06	48.2	41.4	29.0	22.3	18.9	9.0	49.1
ŽB, VAR_07	42.0	35.5	25.0	18.3	15.1	5.3	43.0
CPP, VAR_01	78.5	73.0	61.9	55.2	51.7	42.2	79.7
CPP, VAR_02	51.7	46.0	35.4	28.3	24.3	13.0	52.9
CPP, VAR_03	49.8	44.4	34.5	27.4	23.3	12.5	51.0
CPP, VAR_04	49.6	44.2	33.9	26.2	21.4	10.6	50.8
CPP, VAR_05	49.0	43.5	33.4	26.1	22.0	11.5	50.2
CPP, VAR_06	48.4	42.6	29.6	22.9	19.2	9.6	49.5
CPP, VAR_07	42.2	36.7	25.6	18.9	15.4	5.9	43.4
SDK, VAR_01	61.5	54.1	36.8	31.2	35.1	33.2	62.3
SDK, VAR_02	34.7	27.1	10.3	4.3	7.7	4.0	35.4
SDK, VAR_03	32.8	25.5	9.4	3.4	6.7	3.5	33.6
SDK, VAR_04	32.6	25.3	8.8	2.2	4.8	1.6	33.4
SDK, VAR_05	32.0	24.6	8.3	2.1	5.4	2.5	32.8
SDK, VAR_06	31.4	23.7	4.5	0.0	2.6	1.0	32.1
SDK, VAR_07	25.2	17.8	0.5	0.0	0.0	0.0	26.0
VPC, VAR_01	71.9	72.1	60.7	53.6	50.1	46.5	75.2
VPC, VAR_02	45.1	45.1	34.2	26.7	22.7	17.3	48.3
VPC, VAR_03	43.2	43.5	33.3	25.8	21.7	16.8	46.6
VPC, VAR_04	43.0	43.3	32.7	24.6	19.8	14.9	46.4
VPC, VAR_05	42.4	42.6	32.2	24.5	20.4	15.8	45.8
VPC, VAR_06	41.8	41.7	28.4	21.3	17.6	13.9	44.9
VPC, VAR_07	35.6	35.8	24.4	17.3	13.8	10.2	39.0
Poró, VAR_01	80.1	81.0	69.7	63.4	59.2	57.6	83.8
Poró, VAR_02	53.3	54.0	43.2	36.5	31.8	28.4	56.9
Poró, VAR_03	51.4	52.4	42.3	35.6	30.8	27.9	55.3
Poró, VAR_04	51.2	52.2	41.7	34.4	28.9	26.0	55.0
Poró, VAR_05	50.6	51.5	41.2	34.3	29.5	26.9	54.4
Poró, VAR_06	50.0	50.6	37.4	31.1	26.7	25.0	53.5
Poró, VAR_07	43.8	44.7	33.4	27.1	22.9	21.3	47.6



**Obrázek 2.38:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 18 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.25:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 19 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

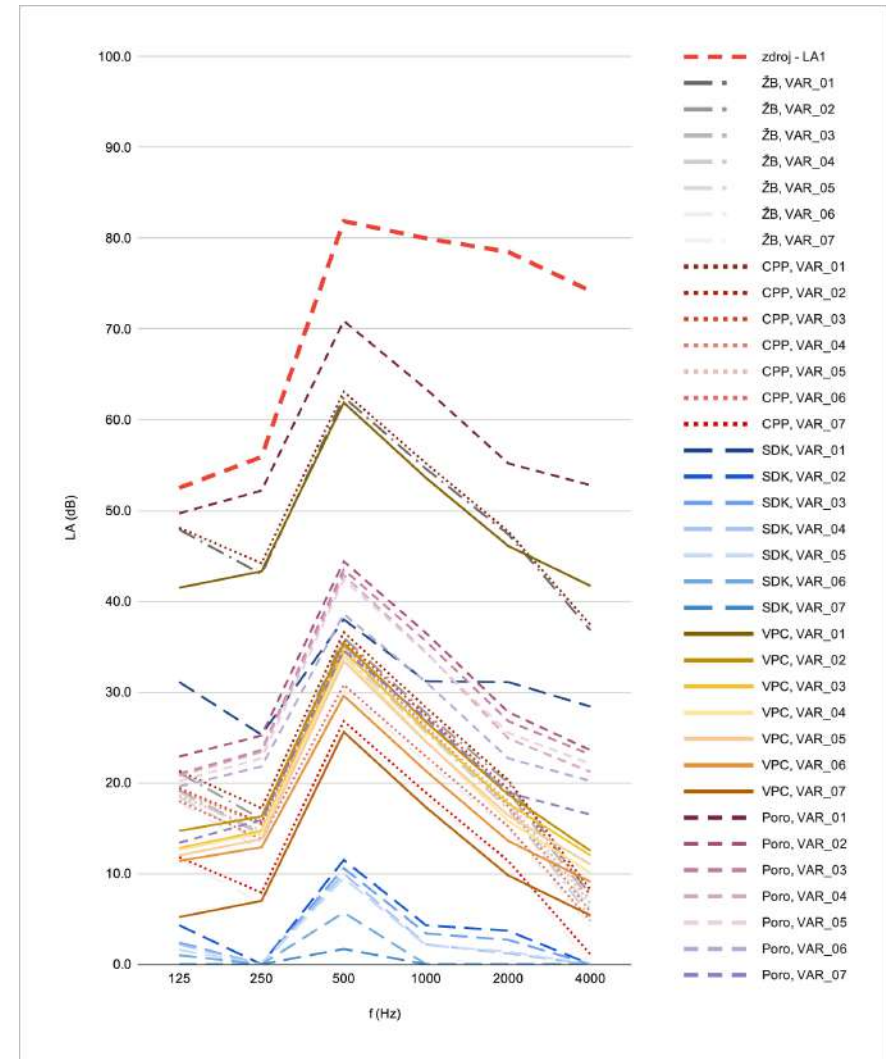
ZVUK 19	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	61.1	72.7	79.6	80.0	81.0	80.3	86.5
ŽB, VAR_01	56.5	59.8	60.2	54.6	49.9	42.9	64.6
ŽB, VAR_02	29.7	32.8	33.7	27.7	22.5	13.7	37.8
ŽB, VAR_03	27.8	31.2	32.8	26.8	21.5	13.2	36.5
ŽB, VAR_04	27.6	31.0	32.2	25.6	19.6	11.3	36.0
ŽB, VAR_05	27.0	30.3	31.7	25.5	20.2	12.2	35.5
ŽB, VAR_06	26.4	29.4	27.9	22.3	17.4	10.3	33.3
ŽB, VAR_07	20.2	23.5	23.9	18.3	13.6	6.6	28.3
CPP, VAR_01	56.7	61.0	60.8	55.2	50.2	43.5	65.3
CPP, VAR_02	29.9	34.0	34.3	28.3	22.8	14.3	38.5
CPP, VAR_03	28.0	32.4	33.4	27.4	21.8	13.8	37.2
CPP, VAR_04	27.8	32.2	32.8	26.2	19.9	11.9	36.7
CPP, VAR_05	27.2	31.5	32.3	26.1	20.5	12.8	36.2
CPP, VAR_06	26.6	30.6	28.5	22.9	17.7	10.9	34.1
CPP, VAR_07	20.4	24.7	24.5	18.9	13.9	7.2	29.0
SDK, VAR_01	39.7	42.1	35.7	31.2	33.6	34.5	45.5
SDK, VAR_02	12.9	15.1	9.2	4.3	6.2	5.3	18.5
SDK, VAR_03	11.0	13.5	8.3	3.4	5.2	4.8	17.0
SDK, VAR_04	10.8	13.3	7.7	2.2	3.3	2.9	16.5
SDK, VAR_05	10.2	12.6	7.2	2.1	3.9	3.8	16.1
SDK, VAR_06	9.6	11.7	3.4	0.0	1.2	1.9	14.6
SDK, VAR_07	3.4	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8
VPC, VAR_01	50.1	60.1	59.6	53.6	48.6	47.8	63.8
VPC, VAR_02	23.3	33.1	33.1	26.7	21.2	18.6	37.0
VPC, VAR_03	21.4	31.5	32.2	25.8	20.2	18.1	35.8
VPC, VAR_04	21.2	31.3	31.6	24.6	18.3	16.2	35.2
VPC, VAR_05	20.6	30.6	31.1	24.5	18.9	17.1	34.7
VPC, VAR_06	20.0	29.7	27.3	21.3	16.1	15.2	32.5
VPC, VAR_07	13.8	23.8	23.3	17.3	12.3	11.5	27.5
Poró, VAR_01	58.3	69.0	68.6	63.4	57.7	58.9	72.9
Poró, VAR_02	31.5	42.0	42.1	36.5	30.3	29.7	46.0
Poró, VAR_03	29.6	40.4	41.2	35.6	29.3	29.2	44.8
Poró, VAR_04	29.4	40.2	40.6	34.4	27.4	27.3	44.3
Poró, VAR_05	28.8	39.5	40.1	34.3	28.0	28.2	43.8
Poró, VAR_06	28.2	38.6	36.3	31.1	25.2	26.3	41.5
Poró, VAR_07	22.0	32.7	32.3	27.1	21.4	22.6	36.6



**Obrázek 2.39:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 19 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

**Tabulka 2.26:** Výsledné hodnoty  $L_{A2}$  (dB) pro zvuk 20 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

ZVUK 20	Hladina akustického tlaku LA (dB) pro f (Hz) v prostředí 2						LA2 (dB) jednočíselně
	125	250	500	1000	2000	4000	
zdroj - LA1	52.5	55.9	81.9	80.0	78.5	74.2	85.5
ŽB, VAR_01	47.9	43.0	62.5	54.6	47.4	36.8	63.4
ŽB, VAR_02	21.1	16.0	36.0	27.7	20.0	7.6	36.9
ŽB, VAR_03	19.2	14.4	35.1	26.8	19.0	7.1	35.9
ŽB, VAR_04	19.0	14.2	34.5	25.6	17.1	5.2	35.2
ŽB, VAR_05	18.4	13.5	34.0	25.5	17.7	6.1	34.8
ŽB, VAR_06	17.8	12.6	30.2	22.3	14.9	4.2	31.3
ŽB, VAR_07	11.6	6.7	26.2	18.3	11.1	0.0	27.2
CPP, VAR_01	48.1	44.2	63.1	55.2	47.7	37.4	64.0
CPP, VAR_02	21.3	17.2	36.6	28.3	20.3	8.2	37.5
CPP, VAR_03	19.4	15.6	35.7	27.4	19.3	7.7	36.5
CPP, VAR_04	19.2	15.4	35.1	26.2	17.4	5.8	35.8
CPP, VAR_05	18.6	14.7	34.6	26.1	18.0	6.7	35.4
CPP, VAR_06	18.0	13.8	30.8	22.9	15.2	4.8	31.8
CPP, VAR_07	11.8	7.9	26.8	18.9	11.4	1.1	27.8
SDK, VAR_01	31.1	25.3	38.0	31.2	31.1	28.4	40.5
SDK, VAR_02	4.3	0.0	11.5	4.3	3.7	0.0	13.4
SDK, VAR_03	2.4	0.0	10.6	3.4	2.7	0.0	12.4
SDK, VAR_04	2.2	0.0	10.0	2.2	1.2	0.0	11.7
SDK, VAR_05	1.6	0.0	9.5	2.1	1.4	0.0	11.2
SDK, VAR_06	1.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	7.0
SDK, VAR_07	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7
VPC, VAR_01	41.5	43.3	61.9	53.6	46.1	41.7	62.7
VPC, VAR_02	14.7	16.3	35.4	26.7	18.7	12.5	36.2
VPC, VAR_03	12.8	14.7	34.5	25.8	17.7	12.0	35.2
VPC, VAR_04	12.6	14.5	33.9	24.6	15.8	10.1	34.5
VPC, VAR_05	12.0	13.8	33.4	24.5	16.4	11.0	34.1
VPC, VAR_06	11.4	12.9	29.6	21.3	13.6	9.1	30.5
VPC, VAR_07	5.2	7.0	25.6	17.3	9.8	5.4	26.5
Poró, VAR_01	49.7	52.2	70.9	63.4	55.2	52.8	71.8
Poró, VAR_02	22.9	25.2	44.4	36.5	27.8	23.6	45.3
Poró, VAR_03	21.0	23.6	43.5	35.6	26.8	23.1	44.3
Poró, VAR_04	20.8	23.4	42.9	34.4	24.9	21.2	43.6
Poró, VAR_05	20.2	22.7	42.4	34.3	25.5	22.1	43.2
Poró, VAR_06	19.6	21.8	38.6	31.1	22.7	20.2	39.6
Poró, VAR_07	13.4	15.9	34.6	27.1	18.9	16.5	35.6



**Obrázek 2.40:** Graf výsledků  $L_{A2}$  (dB) v oktaóvových pásmech pro zvuk 20 a všechny kombinace konstrukcí a variant M2

### 3 Vyhodnocení existujících bytů

Aby bylo možné posoudit, jakých hodnot doby dozvuku  $T$  (s) je v obytných místnostech (potažmo bytech, stavebách) dosahováno, bylo provedeno posouzení šesti různých bytů, z nichž vždy dva byty jsou zařízeny málo (minimalisticky), standardně a velmi (s množstvím nábytku a doplňků). Krom toho se vybrané byty nacházejí v různě konstrukčně řešených bytových domech (panelová výstavba, činžovní domy ze začátku 20. století, výstavba po roce 2000). Obyvatelé těchto bytů jsou rozdílných věků, povolání a vkusů; každý z posuzovaných obytných prostorů je obýván alespoň dvěma osobami.

V každém z bytů byla k posouzení vybrána charakteristická obytná místnost - ve většině případů se jednalo o obývací místnosti nezávisle spojené s jídelnou a kuchyňským koutem; v jednom případě (BYT\_05) byla vybrána místnost sloužící jako knihovna a pracovna. Ostatní obytné místnosti v bytech nebyly posuzovány. Pro některé z bytů byla k dispozici dostatečná dokumentace (alespoň ve formě okótovaného půdorysu); pro ostatní bylo provedeno zaměření posuzované místnosti a vybavení v ní. Na základě získaných rozměrů byla vytvořena výkresová dokumentace (kótovaný a okomentovaný půdorys) jakožto podklad k výpočtu pohltivých ploch. Půdorysy posuzovaných místností jsou na obr. 3.7-3.17.

Posouzení doby dozvuku  $T$  (s) bylo provedeno podle metodiky uvedené v kapitolách 1.6 a 2.4, vždy nejdříve pro stav bez vybavení, a poté pro stav se zařízením interiéru. Pro posouzení bytu s vybavením byly uvažovány vždy plochy (konstrukcí, nábytku) ve styku s interiérem (tzn. plochy stěn nebo podlahy zakryté nábytkem nebyly do celkové pohltivé plochy uzavřeného prostoru započítávány). Objem zařízené místnosti byl vypočten jako rozdíl celkového objemu místnosti a celkového odhadovaného objemu vybavení. V návaznosti na normu ČSN 73 0525 [5] jsou následujících textech zmiňovány především výsledné hodnoty doby dozvuku  $T$  (s) vypočtené podle Eyringova vztahu 1.14. Vyhodnocení a grafy hodnot  $T_E$  (s) jsou k vidění v tab. 3.1-3.12 zařazených za tuto kapitolu.



Krom těchto vyhodnocení byl formou dotazníku zkoumán i subjektivní názor uživatelů na akustický komfort v jejich bytech a obecné požadavky na množství a typ zařízení jejich obydli.

Pro každou z posuzovaných místností byla pořízena fotodokumentace zařízení, kterou se souhlasem obyvatel mohu v této práci sdílet. Obecné údaje - identifikace obyvatel, přesná lokalizace bytů, jsou anonymní.

### 3.1 BYT 01 - minimálně zařízený

Byt se nachází v panelové zástavbě - nosné konstrukce jsou z prefabrikovaných ŽB panelů (nosné stěnové panely 300 mm, nenosné dělicí příčky 60 mm). Obýván je dvěma osobami. Pro posouzení byla vybrána hlavní obytná místnost s kuchyňským koutem a částí pro jídelní stůl. Stěny této místnosti jsou opatřeny výmalbou, podlaha pochozí vrstvou z PVC, v části s kuchyňským koutem je na stěně keramický glazovaný obklad, v obvodové stěně jsou dvě okna zasklená dvojsklem. Podlahová plocha místnosti je 32,8 m<sup>2</sup>, světlá výška 2,5 m, objem nezařízené místnosti 82,0 m<sup>3</sup>.



Obrázek 3.1: Interiér posuzované místnosti, BYT 01

Místnost byla v době posouzení zařízena dvoulůžkovou postelí, psacím stolem, jídelním stolem, šesti židlemi (dvě pracovní, šest jídelních), šatní skříní a kuchyňskou linkou s ostrůvkem a lednicí.

Vypočtená hodnota  $T_E = 6,28$  s (pásmo 125 Hz) pro stav bez zařízení vysoce převyšovala optimální hodnotu doby dozvuku  $T_O = 0,5$  s (viz. tab. 3.1). Nábytek zapříčinil celkové snížení a výraznou změnu křivky průběhu doby dozvuku napříč oktavovými pásmy - výrazný

útlum nastal v pásmu 125 Hz, maxima  $T_E = 2,44$  s je dosaženo v pásmu 500 Hz. Vysoké hodnoty doby dozvuku lze v tomto případě přisuzovat množství ploch s nízkým činitelem pohltivosti zvuku povrchů  $\alpha$  (-) v kombinaci s velkým objemem místnosti. V místnosti se navíc nenacházejí prvky vybavení (závěsy, koberec), které by mohly pohltivost prostoru zvýšit.

Typ a množství vybavení vychází především z touhy obyvatel po vhodně esteticky a prakticky zařízeném prostoru (snadná údržba), přičemž pro zachování těchto kvalit jsou obyvatelé ochotni tolerovat zhoršenou akustiku prostoru. Obyvatelé vnímají akustiku tohoto obytného prostoru jako spíše dobrou; v případě, kdy by bylo nutné s akustikou prostoru pracovat, jsou si vědomi možnosti úprav a zlepšení.

### 3.2 BYT 02 - minimálně zařízený

Byt se nachází v klasické zástavbě Dejvic z přelomu 20. a 30. let 20. století. Nosné konstrukce jsou především z CPP tl. 450 mm, obvodové zdivo je tloušťky 530 mm. Stropní konstrukce je dřevěná trámová, s násypem, podbitím a omítkou. Stěny jsou opatřeny omítkou a výmalbou, pochozí vrstva podlahy je vyhotovena z dřevěných parket, za kuchyňským koutem se nachází úzký pás keramického glazovaného obkladu. Byt je obýván dvěma osobami.



Obrázek 3.2: Interiér posuzované místnosti, BYT 02

Dispozičně je byt řešen jako 1+kk, proto byla pro posouzení vybrána hlavní obytná místnost slučující funkci ložnice, obývacího pokoje, pracovny, jídelny a kuchyně. Podlahová

plocha místnosti je 35,67 m<sup>2</sup>, světlá výška 3,3 m, objem nezařízené místnosti 117,71 m<sup>3</sup>. Místnost je vybavena kuchyňskou linkou s ostrůvkem, jídelním stolem se čtyřmi plastovými židlemi, třímístnou pohovkou, dvěma křesly s dřevěnými područkami, dvoulůžkovou postelí a policí s předměty. Dominantním a dělícím prvkem je vestavěná skříň poskytující úložné prostory pro kuchyň, obývací i lůžkovou část místnosti.

Pro stav bez vybavení dosahuje  $T_E$  svého maxima 2,54 s v pásmu 500 Hz, prostředí výrazněji tlumí pouze pásmo 4000 Hz, přesto jsou ve všech případech hodnoty výrazně nad  $T_O = 0,5$  s. S vybavením se hodnota maxima v pásmu 500 Hz snížila o 0,9 s; vybavením (především vlivem dělící skříně, která snižuje objem místnosti a zároveň poskytuje značnou pohltivou plochu) došlo k výraznému snížení  $T_E$  v pásmu 125 a 250 Hz (až o 1,37 s), přesto ani v tomto případě nebylo dosaženo příznivých hodnot  $T_O$ .

Pár žijící v tomto bytě tíhne k minimalistickému přístupu k množství zařízení. Luxus zde znamená prostor a menší množství kvalitního, esteticky líbivého a snadno udržovatelného zařízení. Akustika prostoru je vnímána jako dobrá; v případě, kdy by bylo nutné zajistit úpravy pro zlepšení akustiky, jsou si obyvatelé vědomi svých možností. Obecně hůře jsou vnímány nedostatky vznikající nedostatečnou vzduchovou neprůzvučností konstrukcí - tedy zvuky přicházející zvenčí (takové, které sám uživatel není schopen příliš snadno ovlivnit).

### 3.3 BYT 03 - standardně zařízený

Pro BYT 03 nebyly dostupné dostačující podklady - bylo proto provedeno zaměření předmětné místnosti a sestavena dokumentace pro provedení posouzení. Objekt, ve kterém se byt nachází, byl postaven po roce 2000 - předpokládaným materiálem použitým pro nosné svislé konstrukce jsou tvárnice POROTHERM, pro stropní konstrukce je předpokládáno použití stropních panelů SPIROLL. Uvedená tvrzení však nebyla potvrzena.

Pro posouzení byla vybrána hlavní obytná místnost slučující kuchyňskou, jídelní a obytnou funkci. Obvodové zdivo a strop jsou opatřeno omítkou a výmalbou, za kuchyňskou linkou se na stěnách nachází pás odkladu z glazované keramiky. Na podlaze jsou dřevěné parkety. Místnost je opatřena vstupními dveřmi z předsíně, jedním okenním otvo-

rem a balkonovými dveřmi. V posuzované místnosti se nachází kuchyňská linka s ostůvkem, jídelní stůl se čtyřmi židlemi, několik křesel, pohovka, televizní stolek, několik úzkých, leč vysokých, skříní, TV stěna, akvárium a terárium. Podlahová plocha místnosti je 30,0 m<sup>2</sup>, světlá výška 2,6 m, objem nezařízené místnosti 78,0 m<sup>3</sup>.



**Obrázek 3.3:** Interiér posuzované místnosti, BYT 03

I v tomto případě jsou hodnoty  $T_E$  poměrně vysoké - 2,11-2,31 s pro pásma 125-2000 Hz, vyšší vlastní útlum prostředí je patrný pouze v pásmu 4000 Hz. Se zařízením se hodnoty  $T_E$  v pásmech 125-1000 Hz snížily téměř o 1,0 s. Průběh křivky  $T_E$  v rámci oktávových pásmech zůstal téměř nezměněn, s vyšším útlumem v pásmech 125 a 250 Hz.

Oba obyvatelé tohoto bytu preferují útulnější zařízení a jsou rádi věcmi (obrazy, knihy, rostliny) obklopeni, kobercem však nedisponují vůli zhoršeným podmínkám údržby, které mohou vést ke zdravotním indispozicím (astma). Akustickou kvalitu prostoru hodnotí jako dobrou, i zde jsou výraznější potíže působeny hlukem přicházejícím zvenčí.

### 3.4 BYT 04 - standardně zařízený

Objekt, ve kterém se BYT 04 nachází, byl postaven v roce 1927, platí pro něj podobné charakteristiky jako pro BYT 02 - nosné konstrukce jsou především z CPP tl. 300 mm a 450 mm, stropní konstrukce dřevěná trámová, s násypem, podbitím a omítkou. Byt je obýván třemi osobami. Vybraná místnost slučuje funkce obývacího pokoje, jídelního a kuchyňského koutu. Podlahová plocha místnosti je 31,99 m<sup>2</sup>, světlá výška 3,0 m, objem nezařízené místnosti 95,97 m<sup>3</sup>.





**Obrázek 3.4:** Interiér posuzované místnosti, BYT 04

Stěny a strop místnosti jsou omítnuty a vymalovány, za kuchyňským koutem je pás glazovaného keramického obkladu. Podlaha je převážně vinylová, v části pokoje s kuchyní je keramická velkoformátová dlažba s matným povrchem. Prostor je v půli dělen cihlovou stěnou tl. 300 mm - tím je dosaženo vizuálního oddělení obytné a kuchyňské části. Pokoj je vybaven rozsáhlou knihovnou, dvěma pohovkami, pracovním stolem a židlí, TV stolem, skříňkou pod TV, jídelním stolem s šesti židlemi a kuchyňským koutem tvaru U. V obývací části se na podlaze nachází koberec, na oknech jsou záclony i závěsy.

Podobně jako pro BYT 02 a 03 jsou zde hodnoty  $T_E$  v maximu 2,42 s v pásmu 500 Hz pro nezařízený stav, toto maximum bylo vlivem vybavení sníženo o 1 s, pásmo 500 Hz však stále zůstává dominantní. K vysoké míře útlumu vlivem zařízení došlo především v pásmu 125 Hz, kde se hodnota  $T_E$  z původních 2,35 s snížila 0,86 s. K obecně zatím nejprůpustivějším hodnotám  $T_E$  (s) přispívá vysoká míra dobře pohltivých povrchů.

Obyvatelé tohoto bytu preferují útulně působící zařízení, rádi se věcmi obklopují - takže ačkoli nebyla akustická pohoda v místnosti prioritou, je zajištěna typem zařízení. Akustická pohoda je hodnocena kladně, nejsou zde zaznamenávány ani výraznější potíže s hlukem přicházejícím mimo byt/místnost.

### 3.5 BYT 05 - velmi zařízený

Jedním ze zástupců prostor s velkým množstvím vybavení a doplňků je pokoj o podlahové ploše 8,39 m<sup>2</sup> běžně využívaný jakožto knihovna, pracovna a místnost s hudebními

nástroji. BYT 05 se nachází v panelové zástavbě ze 70. let - svislé nosné konstrukce tvoří monolitické ŽB panely tl. 150 mm, příčky tl. 60 mm, stropní konstrukce jsou také z ŽB panelů. Stěny a strop jsou opatřeny výmalbou, podlaha je vinylová. Značnou část vybavení tvoří dřevěné police (regály) s množstvím knih, v pokoji se nachází pianino a pracovní stůl s jednou pracovní židlí. V pokoji nejsou závěsy ani koberec.



**Obrázek 3.5:** Interiér posuzované místnosti, BYT 05

Malá podlahová plocha a malý objem  $21,81 \text{ m}^3$  (světlá výška 2,6 m) zajišťují poměrně nízké hodnoty  $T_E$  napříč spektrem, alespoň pokud jsou výsledky tohoto prostoru porovnány s výsledky pro BYT 01, kde kvůli velkému objemu místnosti a množství málo odrazivých povrchů přesahovaly hodnoty  $T_E$  v některých případech 6,0 s. V případě posouzení zařízení místnosti bytu 05 nebylo možné zanedbat vliv množství knih, které (mimo jiného zařízení) výrazně snižují dobu dozvuku  $T_E$ , především v nízkých kmitočtech 125 a 250 Hz, až na 0,35 s, tedy pod hranici dvacetiprocentní tolerance  $T_{O,-20\%} = 0,4 \text{ s}$ , a činí tuto místnost nejvíce pohltivou ze všech posuzovaných.

Tři obyvatelé tohoto bytu preferují útulné zařízení, s důrazem na estetiku. V této ani hlavní místnosti není koberec - především kvůli náročnější údržbě (domácí mazlíčci), nejsou zde také závěsy ani záclony. Svůj prostor hodnotí jako akusticky dobrý a nejsou příliš obtěžováni vnějšími vlivy.

### 3.6 BYT 06 - velmi zařízený

Posledním posuzovaným prostorem je obytná místnost v bytě 06, který se nachází v činžovní zástavbě ze 30. let 20. století, lze tedy předpokládat, že nosné konstrukce budou podobné jako v bytech 02 a 04. Pro tento prostor neexistovaly dostatečné plány, proto bylo provedeno zaměření a vyhotoven podklad k hodnocení  $T$  (s).

Stěny a strop v místnosti jsou omítnuté a natřené, podlaha je vinylová plovoucí. Vestavěno je zde obytné dřevěné patro, pod kterým je zřízen pracovní kout a úložný prostor. Vybavení je tvořeno pohovkou, křeslem, skříňkami s knihami, dvěma pracovními stoly a židlemi a vestavěnou skříní pod vstupem na patro. Podlahová plocha místnosti je  $18,7 \text{ m}^2$ , světlá výška  $2,9 \text{ m}$ , objem nezařízené místnosti  $54,23 \text{ m}^3$ , výška patra  $1,9 \text{ m}$ .



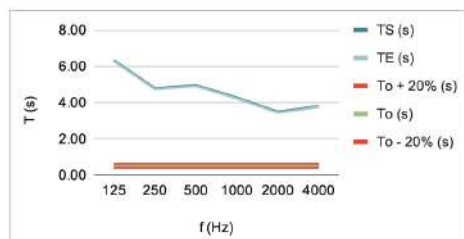
Obrázek 3.6: Interiér posuzované místnosti, BYT 06

Krom standardního vyhodnocení místnosti v nezařízeném a zařízeném stavu byl posouzen i vliv vestavného patra. Obecně platí, že se zvyšujícím se množstvím zařízení dochází ke snižování doby dozvuku  $T_E$  (s) především v nižších pásmech 125 a 250 Hz (z hodnot kolem  $2,10 \text{ s}$  na  $0,85 \text{ s}$ ). Podobně jako u všech předchozích prostor, i zde se výsledná doba dozvuku  $T_E$  pohybuje mezi hodnotami  $0,85\text{--}1,35 \text{ s}$ .

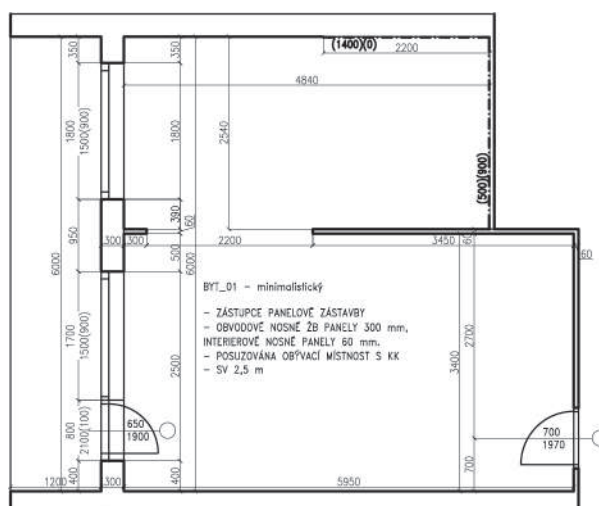
Dle uživatel tohoto prostoru (dvě osoby), bylo vybavení vybíráno prakticky, prostor má však působit útulně, aspekt akustické pohody v prostoru hrál při zařizování svou roli. Oba uživatelé preferují místnosti bez koberce - důvodem je snadná údržba prostoru (domácí zvířata).

**Tabulka 3.1:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 01, bez vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Beton natřený malbou	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
	46.89	$S \cdot \alpha$	0.422	0.516	0.656	0.750	0.797	0.844
PODLAHA	Podlaha PVC na tvrdém podkladu	$\alpha$	0.020	0.030	0.030	0.040	0.060	0.050
	32.80	$S \cdot \alpha$	0.656	0.984	0.984	1.312	1.968	1.640
STROP	Beton natřený malbou	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
	32.80	$S \cdot \alpha$	0.295	0.361	0.459	0.525	0.558	0.590
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	6.93	$S \cdot \alpha$	0.104	0.347	0.208	0.208	0.139	0.139
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	1.58	$S \cdot \alpha$	0.474	0.395	0.158	0.126	0.079	0.063
PŘÍČKA V INTERIERU	Beton natřený malbou	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
	13.20	$S \cdot \alpha$	0.119	0.145	0.185	0.211	0.224	0.238
OBKLAD V KUCHYNI	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty	$\alpha$	0.010	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000
	4.35	$S \cdot \alpha$	0.044	0.044	0.044	0.000	0.065	0.000



$\Sigma S$ (m <sup>2</sup> )	138.550							
$\Sigma S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	2.113	2.791	2.694	3.133	3.830	3.514		
$am$ (-)	0.015	0.020	0.019	0.023	0.028	0.025		
$aE$ (-)	0.015	0.020	0.020	0.023	0.028	0.026		
$V$ (m <sup>3</sup> )	82.030							
TS (s)	6.33	4.79	4.96	4.27	3.49	3.81		
TE (s)	6.28	4.74	4.92	4.22	3.44	3.76		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		



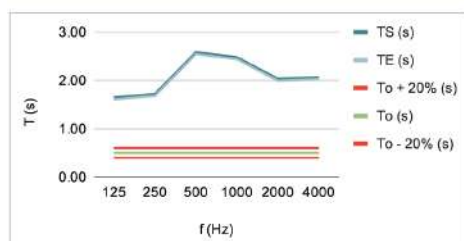
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PVC NA ŽB STROPU	32,8
STROP	OMITKA NA ŽB PANELE	32,8
STĚNY	OMITKA NA ŽB PANELE	46,89
OBVODOVÉ	OMITKA NA ŽB PANELE	46,89
OKNA	DVOJSKLO	6,93
DVEŘE	0,8/1,97	1,58
STĚNA V INTERIERU	OMITKA NA ŽB PANELE (jednostranná plocha 6,60)	13,20
OBKLAD V KUCHYNI	GLAZOVANÁ KERAMIKA	4,35

**Obrázek 3.7:** Půdorys BYT 01, stav bez vybavení, M 1:100

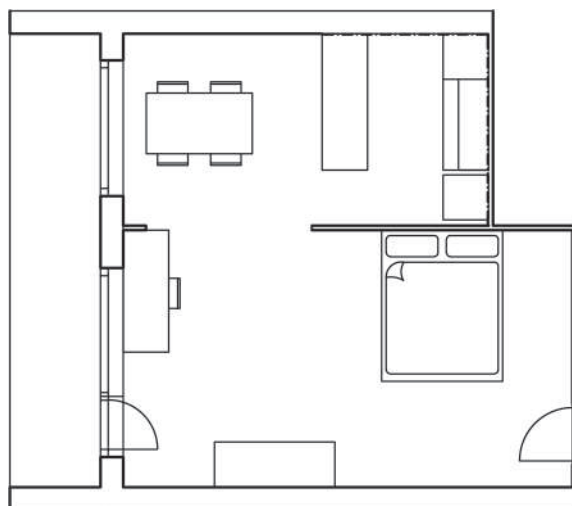


**Tabulka 3.2:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 01, stav včetně vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Beton natřený malbou 42.11	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.379	0.463	0.590	0.674	0.716	0.758
PODLAHA	Linoleum (-/0) 26.84	$\alpha$	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.537	0.671	0.805	0.939	1.074	1.074
STROP	Beton natřený malbou 32.80	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.295	0.361	0.459	0.525	0.558	0.590
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 6.93	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
		$S \cdot \alpha$	0.104	0.347	0.208	0.208	0.139	0.139
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.58	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.474	0.395	0.158	0.126	0.079	0.063
PŘÍČKA V INTERIERU	Beton natřený malbou 13.20	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.119	0.145	0.185	0.211	0.224	0.238
OBKLAD V KUCHYNI	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty 3.81	$\alpha$	0.010	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000
		$S \cdot \alpha$	0.038	0.038	0.038	0.000	0.057	0.000
POSTEL	Bavlněná tkanina 500 g/m <sup>2</sup> , zavěšená na stěně 3.20	$\alpha$	0.040	0.070	0.130	0.220	0.330	0.350
		$S \cdot \alpha$	0.128	0.224	0.416	0.704	1.056	1.120
ŽIDLE	Židle s tvrdým opěradlem A (m <sup>2</sup> ) 6	$A$	0.020	0.018	0.019	0.021	0.200	0.200
		$A \cdot n$	0.120	0.108	0.114	0.126	1.200	1.200
STŮL JÍDELNÍ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.12	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.336	0.280	0.112	0.090	0.056	0.045
STŮL PRACOVNÍ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 0.96	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.288	0.240	0.096	0.077	0.048	0.038
SKŘÍŇ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 6.56	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	1.968	1.640	0.656	0.525	0.328	0.262
LINKA	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 8.58	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	2.574	2.145	0.858	0.686	0.429	0.343
LEDNICE	nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál 1.2	$\alpha$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		$S \cdot \alpha$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



$\Sigma S$ (m <sup>2</sup> )	148.890							
$\Sigma S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	7.360	7.057	4.695	4.891	5.963	5.870		
$am$ (-)	0.049	0.047	0.032	0.033	0.040	0.039		
$aE$ (-)	0.051	0.049	0.032	0.033	0.041	0.040		
$V$ (m <sup>3</sup> )	74.500							
TS (s)	1.65	1.72	2.59	2.48	2.04	2.07		
TE (s)	1.61	1.68	2.55	2.44	2.00	2.03		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		

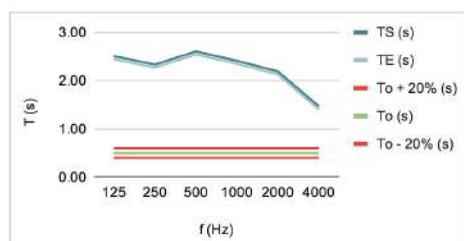


PLOCHY KONSTRUKCÍ - BYT_01		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PVC NA ŽB STROPU	26.84
STROP	OMITKA NA ŽB PANELU	32.80
STĚNY	OMITKA NA ŽB PANELU	42.11
OBVODOVÉ OKNA	DVOJSKLO	6.93
DVEŘE	0,8/1,97	1.58
STĚNA V INTERIERU	OMITKA NA ŽB PANELU (jednoslovné plocha 6,60)	13.20
OBKLAD V KUCHYNI	GLAZOVANÁ KERAMIKA	3.81
POSTEL	BAVLNĚNÁ TKANINA 500 g/m <sup>2</sup>	3.2
ŽIDLE	PČT. MASIV DŘEVO	
STŮL JÍDELNÍ	MASIV DESKA 0,8/1,4	1.12
STŮL PRACOVNÍ	MASIV DESKA 0,6/1,6	0.96
SKŘÍŇ	0,6/1,6/2,0 DŘEVOTŘÍSKA	6.56
LINKA	0,6/1,8/0,9;	
	0,6/1,2/0,9;	4,86+1,80+1,9
LEDNICE	0,4/1,2/0,6;	2=8,58
	DŘEVOTŘÍSKA	
	0,6/0,6/2,0	1,20

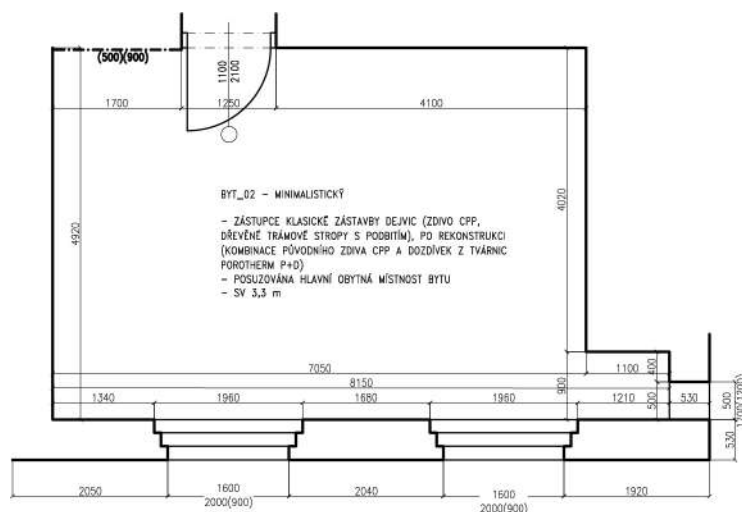
**Obrázek 3.8:** Půdorys BYT 01, stav včetně vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.3:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 02, bez vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	75.45	$S \cdot \alpha$	2.264	2.264	2.264	3.018	3.773	6.036
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
	35.67	$S \cdot \alpha$	3.496	3.924	3.567	3.103	2.925	3.924
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	35.67	$S \cdot \alpha$	1.070	1.070	1.070	1.427	1.784	2.854
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	7.50	$S \cdot \alpha$	0.113	0.375	0.225	0.225	0.150	0.150
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	2.36	$S \cdot \alpha$	0.708	0.590	0.236	0.189	0.118	0.094
OBKLAD (glazovaná keramika)	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty	$\alpha$	0.010	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000
	0.68	$S \cdot \alpha$	0.007	0.007	0.007	0.000	0.010	0.000



$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	157.330							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	7.657	8.229	7.368	7.962	8.759	13.058		
$am$ (-)	0.049	0.052	0.047	0.051	0.056	0.083		
$aE$ (-)	0.050	0.054	0.048	0.052	0.057	0.087		
$V$ (m <sup>3</sup> )	117.710							
TS (s)	2.51	2.33	2.60	2.41	2.19	1.47		
TE (s)	2.44	2.27	2.54	2.35	2.13	1.41		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		

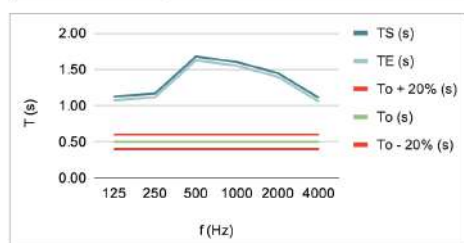


KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PARKETY	35,67
STROP	TRÁMOVÝ S PODBITÍM, VÁPENNÁ OMÍTKA	35,67
STĚNY	OMÍTKA NA CPP	76,13
OBVODOVÉ	DVOJSKLO	7,5
OKNA	DVOJSKLO	2,83
DVEŘE	DVOJSKLO	2,83
OBKLAD ZA KUCHYŇKOU	OBKLAD LESKLÝ (GLAZOVANÁ KERAMIKA)	0,68

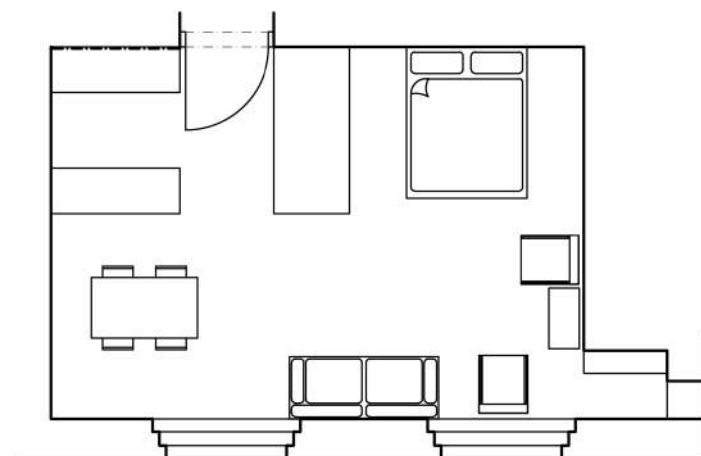
**Obrázek 3.9:** Půdorys BYT 02, stav bez vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.4:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 02, stav včetně vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 69.54	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.030 2.086	0.030 2.086	0.030 2.086	0.040 2.782	0.050 3.477	0.080 5.563
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 31.43	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.098 3.080	0.110 3.457	0.100 3.143	0.087 2.734	0.082 2.577	0.110 3.457
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 33.47	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.030 1.004	0.030 1.004	0.030 1.004	0.040 1.339	0.050 1.674	0.080 2.678
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 7.50	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.015 0.113	0.050 0.375	0.030 0.225	0.030 0.225	0.020 0.150	0.020 0.150
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 2.36	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.708	0.250 0.590	0.100 0.236	0.080 0.189	0.050 0.118	0.040 0.094
SKŘÍŇ DĚLICÍ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 17.82	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 5.346	0.250 4.455	0.100 1.782	0.080 1.426	0.050 0.891	0.040 0.713
KUCHYŇSKÁ LINKA	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 7.71	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 2.313	0.250 1.928	0.100 0.771	0.080 0.617	0.050 0.386	0.040 0.308
OBKLAD KUCHYŇ	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty 0.68	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.010 0.007	0.010 0.007	0.010 0.007	0.000 0.000	0.015 0.010	0.000 0.000
POHOVKA	Čalouněné křeslo 3.00	$A$ $A \cdot n$	0.150 0.450	0.200 0.600	0.200 0.600	0.250 0.750	0.300 0.900	0.300 0.900
KŘESLA	Dřevěné křeslo 2.00	$A$ $A \cdot n$	0.020 0.040	0.020 0.040	0.030 0.060	0.040 0.080	0.040 0.080	0.050 0.100
ŽIDLE	Židle s tvrdým opěradlem $A$ (m <sup>2</sup> ) 4.00	$A$ $A \cdot n$	0.020 0.080	0.018 0.072	0.019 0.076	0.021 0.084	0.200 0.800	0.200 0.800
STŮL	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.12	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.336	0.250 0.280	0.100 0.112	0.080 0.090	0.050 0.056	0.040 0.045
POSTEL	Bavlněná tkanina 500 g/m <sup>2</sup> , zavěšená na stěně 3.2	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.040 0.128	0.070 0.224	0.130 0.416	0.220 0.704	0.330 1.056	0.350 1.120



$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	174.830							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	15.691	15.118	10.518	11.019	12.174	15.929		
$\alpha_m$ (-)	0.090	0.086	0.060	0.063	0.070	0.091		
$\alpha_E$ (-)	0.094	0.090	0.062	0.065	0.072	0.096		
$V$ (m <sup>3</sup> )	108.200							
TS (s)	1.12	1.17	1.68	1.60	1.45	1.11		
TE (s)	1.07	1.12	1.63	1.55	1.40	1.06		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		

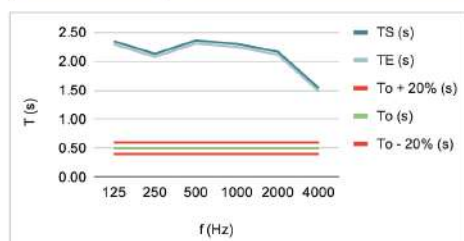


KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PARKETY	31,43
STROP	TRAMOVÝ S PODBITÍM, VÁPENNÁ OMÍTKA	33,47
STĚNY	OMÍTKA NA CPP	69,54
OBVODOVÉ OKNA	DVOJSKLO	7,5
DVEŘE	2x 0,6/1,7/0,9	2,63
SKŘÍŇ	2,2/1,0/3,3 ZAVŘENÉ DVEŘE, DŘEVOTŘÍSKA	17,82
KUCHYŇKA	2x 0,6/1,7/0,9 ZAVŘENÁ DVÍŘKA, KOMBINACE MATERIÁLŮ, PŘEVÁHA DŘEVOTŘÍSKY	7,71
OBKLAD ZA KUCHYŇKOU	OBKLAD LESKLÝ (GLAZOVANÁ KERAMIKA)	0,68
POHOVKA	ROVNA S KŘESLA, CELOPOLSTROVANÁ	
KŘESLA	DVE, POLSTROVANÝ SEDÁK A OPĚRADLO, DŘEVĚNÉ PODRÚČKY	
ŽIDLE	ČTYŘ PĚTI+DŘEVO	
STŮL	MAVILNĚNÁ DESKA 0,8/1,4	1,12
POSTEL	BAVLNĚNÁ TKANINA 500g/m <sup>2</sup>	3,2

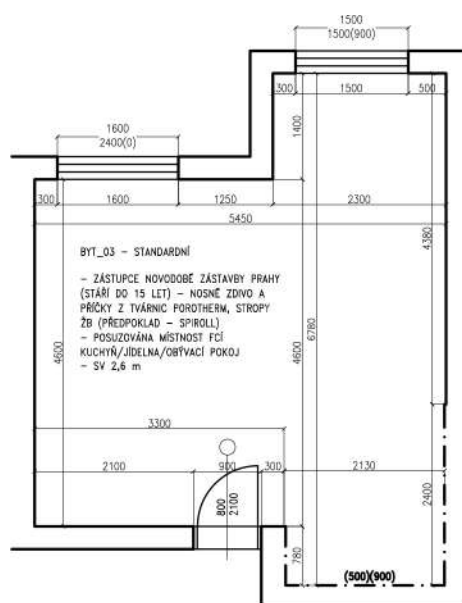
**Obrázek 3.10:** Půdorys BYT 02, stav včetně vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.5:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 03, bez vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	53.11	$S \cdot \alpha$	1.593	1.593	1.593	2.124	2.656	4.249
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
	30.00	$S \cdot \alpha$	2.940	3.300	3.000	2.610	2.460	3.300
STROP	Beton natřený malbou	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
	30.00	$S \cdot \alpha$	0.270	0.330	0.420	0.480	0.510	0.540
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	6.09	$S \cdot \alpha$	0.091	0.305	0.183	0.183	0.122	0.122
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	1.68	$S \cdot \alpha$	0.504	0.420	0.168	0.134	0.084	0.067
OBKLAD KUCHYŇ	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty	$\alpha$	0.010	0.010	0.010	0.000	0.015	0.000
	2.66	$S \cdot \alpha$	0.027	0.027	0.027	0.000	0.040	0.000



$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	123.540							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	5.425	5.974	5.391	5.532	5.871	8.278		
$am$ (-)	0.044	0.048	0.044	0.045	0.048	0.067		
$aE$ (-)	0.045	0.050	0.045	0.046	0.049	0.069		
$V$ (m <sup>3</sup> )	78.000							
TS (s)	2.34	2.13	2.36	2.30	2.17	1.54		
TE (s)	2.29	2.08	2.31	2.25	2.11	1.48		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		



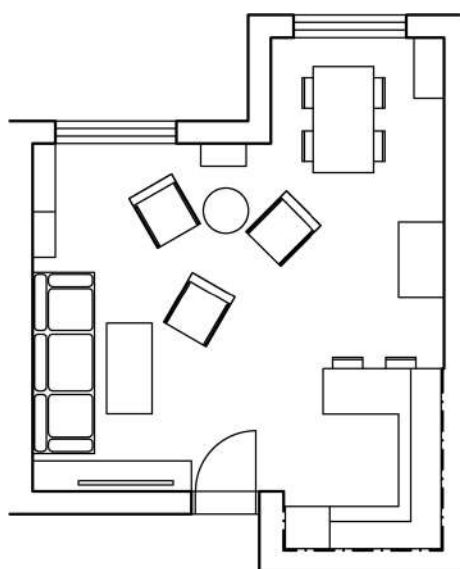
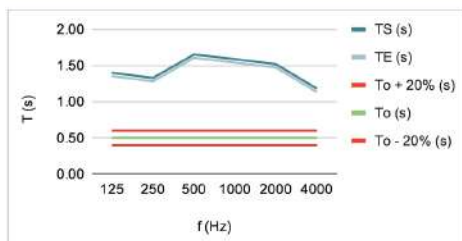
PLOCHY KONSTRUKCÍ - BYT_03 (mez.)		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY	TVÁRNICE POROTHERM + OMÍTKA	53,11
STROP	ŽB+OMÍTKA	30,0
PODLAHA	PARKETY	30,0
DVEŘE		1,68
OKNA	DVOJSKLO	6,09
OBKLAD KUCHYŇ	GLAZOVANÁ KERAMIKA	2,66

**Obrázek 3.11:** Půdorys BYT 03, stav bez vybavení, M 1:100



**Tabulka 3.6:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 03, stav včetně vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočty (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 48.11	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.030 1.443	0.030 1.443	0.030 1.443	0.040 1.924	0.050 2.406	0.080 3.849
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 28.50	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.098 2.793	0.110 3.135	0.100 2.850	0.087 2.480	0.082 2.337	0.110 3.135
STŘOP	Beton natřený malbou 30.00	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.009 0.270	0.011 0.330	0.014 0.420	0.016 0.480	0.017 0.510	0.018 0.540
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 6.09	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.015 0.091	0.050 0.305	0.030 0.183	0.030 0.183	0.020 0.122	0.020 0.122
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.68	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.504	0.250 0.420	0.100 0.168	0.080 0.134	0.050 0.084	0.040 0.067
OBKLAD KUCHYŇ	nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál 2.66	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
POHOVKA	Čalouněné křeslo 3.00	$A$ $A \cdot n$	0.150 0.450	0.200 0.600	0.200 0.600	0.250 0.750	0.300 0.900	0.300 0.900
KŘESLA	Čalouněné křeslo 3.00	$A$ $A \cdot n$	0.150 0.450	0.200 0.600	0.200 0.600	0.250 0.750	0.300 0.900	0.300 0.900
LEDNICE	nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál 1.20	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
SKŘÍŇ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 2.90	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.870	0.250 0.725	0.100 0.290	0.080 0.232	0.050 0.145	0.040 0.116
SKŘÍŇ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 3.60	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 1.080	0.250 0.900	0.100 0.360	0.080 0.288	0.050 0.180	0.040 0.144
STŮL	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.12	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.336	0.250 0.280	0.100 0.112	0.080 0.090	0.050 0.056	0.040 0.045
$\sum S$ (m <sup>2</sup> )			125.860					
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )			8.288	8.738	7.026	7.311	7.640	9.818
$a_m$ (-)			0.066	0.069	0.056	0.058	0.061	0.078
$aE$ (-)			0.068	0.072	0.057	0.060	0.063	0.081
$V$ (m <sup>3</sup> )			71.200					
TS (s)			1.40	1.33	1.65	1.59	1.52	1.18
TE (s)			1.35	1.28	1.61	1.54	1.47	1.14
To + 20% (s)			0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
To (s)			0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
To - 20% (s)			0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

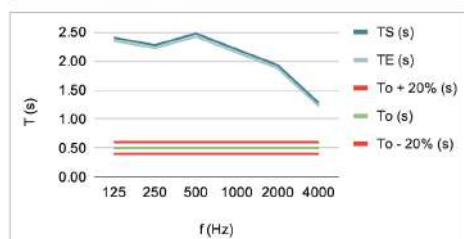


PLOCHY KONSTRUKCÍ - BYT_03		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY	TVÁRNICE POROTHERM + OMÍTKA	48,11
STŘOP	TEPLOOMÍTKA	30,0
PODLAHA	PARKET	28,5
DVEŘE		1,68
OKNA	DVOJSKLO	6,09
OBKLAD	GLAZOVANÁ KERAMIKA	2,66
KUCHYŇ		
ZIDLE	ČTYŘI, DŘEVO	
STŮL	WASVY DESKA 0,8/1,4	1,12
POHOVKA	ROVNÁ 4 KŘESLA, CELOPOLSTROVANÁ	
	TŘI, POLSTROVANÝ	
KŘESLA	SEDAK, DŘEVĚNÉ	
	OPĚRADLO A PODRÚČKY	
LEDNICE	0,6/0,6/2,0	1,20
LINKA		6,85
SKŘÍŇ 1	0,3/1,0/2,0	2,90
SKŘÍŇ 2	0,8/0,4/2,0	3,6

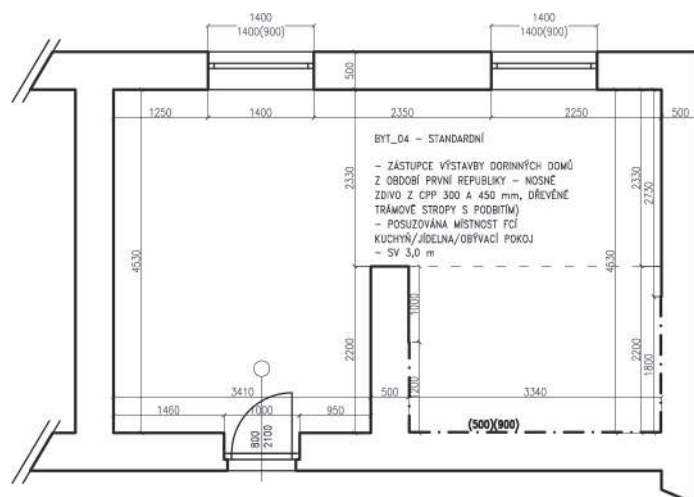
**Obrázek 3.12:** Půdorys BYT 03, stav včetně vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.7:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 04, bez vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočty (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 82,33	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,030 2,470	0,030 2,470	0,030 2,470	0,040 3,293	0,050 4,117	0,080 6,586
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 24,64	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,098 2,415	0,110 2,710	0,100 2,464	0,087 2,144	0,082 2,020	0,110 2,710
PODLAHA - dlažba kuchyň	Beton s hladkým povrchem 7,35	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,010 0,074	0,012 0,088	0,015 0,110	0,019 0,140	0,023 0,169	0,035 0,257
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 31,99	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,030 0,960	0,030 0,960	0,030 0,960	0,040 1,280	0,050 1,600	0,080 2,559
OKNA	Dvojité zasklení tl. 3 mm 3,92	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,015 0,059	0,050 0,196	0,030 0,118	0,030 0,118	0,020 0,078	0,020 0,078
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1,68	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,300 0,504	0,250 0,420	0,100 0,168	0,080 0,134	0,050 0,084	0,040 0,067
OBKLAD (glazovaná keramika lesklá)	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty 3,17	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0,010 0,032	0,010 0,032	0,010 0,032	0,000 0,000	0,015 0,048	0,000 0,000



$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	155,080							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	6,512	6,876	6,321	7,108	8,115	12,259		
$a_m$ (-)	0,042	0,044	0,041	0,046	0,052	0,079		
$a_E$ (-)	0,043	0,045	0,042	0,047	0,054	0,082		
$V$ (m <sup>3</sup> )	95,970							
TS (s)	2,40	2,28	2,47	2,20	1,93	1,28		
TE (s)	2,35	2,22	2,42	2,15	1,88	1,22		
To + 20% (s)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60		
To (s)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50		
To - 20% (s)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40		

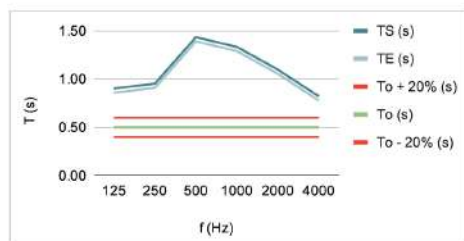


PLOCHY KONSTRUKCÍ - BYT_04 (nez.)		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PARKETY	24,64
DLAŽBA	DLAŽBA LESKLÁ	7,35
KUCHYŇ	TRÁMOVÝ S PODBITÍM	31,99
STROP	VÁPENNÁ OMÍTKA	82,33
STĚNY OBVODOVÉ	OMÍTKA NA CPP	82,33
OKNA	2x 1,4/1,4 DVOJSKLO	3,92
DVEŘE		1,68
OBKLAD ZA KUCHYŇKOU	OBKLAD LESKLÝ (GLAZOVANÁ KERAMIKA)	3,17

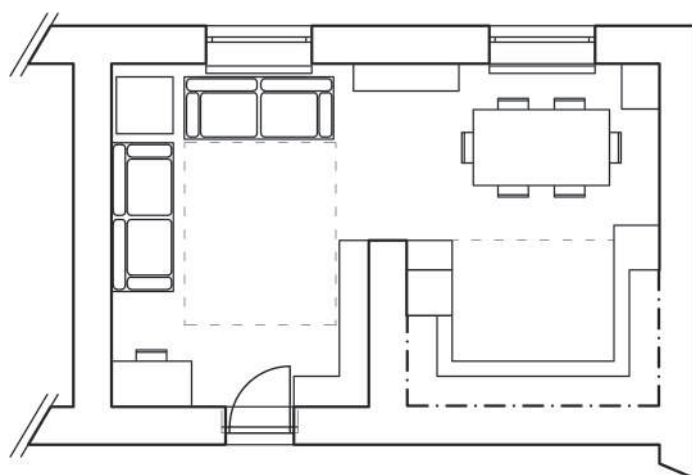
**Obrázek 3.13:** Půdorys BYT 04, stav bez vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.8:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 04, stav včetně vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočty (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 61.45	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.030 1.844	0.030 1.844	0.030 1.844	0.040 2.458	0.050 3.073	0.080 4.916
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 19.80	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.098 1.940	0.110 2.178	0.100 1.980	0.087 1.723	0.082 1.624	0.110 2.178
PODLAHA - dlažba kuchyně	Beton s hladkým povrchem 3.35	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.010 0.034	0.012 0.040	0.015 0.050	0.019 0.064	0.023 0.077	0.035 0.117
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu 31.99	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.030 0.960	0.030 0.960	0.030 0.960	0.040 1.280	0.050 1.600	0.080 2.559
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 3.92	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.015 0.059	0.050 0.196	0.030 0.118	0.030 0.118	0.020 0.078	0.020 0.078
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.68	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.504	0.250 0.420	0.100 0.168	0.080 0.134	0.050 0.084	0.040 0.067
OBKLAD (glazovaná keramika lesklá)	Mramor, žula a jiné leštěné nerosty 3.17	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.010 0.032	0.010 0.032	0.010 0.032	0.000 0.000	0.015 0.048	0.000 0.000
POHOVKA	Čalouněné křeslo 6.00	$A$ $A \cdot n$	0.150 0.900	0.200 1.200	0.200 1.200	0.300 1.500	0.300 1.800	0.300 1.800
ŽIDLE	Židle s tvrdým opěradlem A (m <sup>2</sup> ) 7.00	$A$ $A \cdot n$	0.020 0.140	0.018 0.126	0.019 0.133	0.021 0.147	0.200 1.400	0.200 1.400
KOBEREC	Koberce bouclé (5/0) 3.60	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.080 0.288	0.100 0.360	0.100 0.360	0.210 0.756	0.430 1.548	0.780 2.808
KUCHYŇSKÁ LINKA	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 17.89	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 5.367	0.250 4.473	0.100 1.789	0.080 1.431	0.050 0.895	0.040 0.716
LEDNICE, MRAZÁK, SUŠIČKA	nespecifikovaný velmi málo pohltivý materiál 5.42	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.000 0.001	0.000 0.001	0.000 0.001	0.000 0.001	0.000 0.001	0.000 0.001
KNIHOVNA	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 7.52	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 2.256	0.250 1.880	0.100 0.752	0.080 0.602	0.050 0.376	0.040 0.301
STŮL	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.12	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.336	0.250 0.280	0.100 0.112	0.080 0.090	0.050 0.056	0.040 0.045
SKŘÍŇKA	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 3.05	$\alpha$ $S \cdot \alpha$	0.300 0.915	0.250 0.763	0.100 0.305	0.080 0.244	0.050 0.153	0.040 0.122



$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	163.960							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	15.574	14.751	9.802	10.546	12.810	17.108		
$am$ (-)	0.095	0.090	0.060	0.064	0.078	0.104		
$aE$ (-)	0.100	0.094	0.062	0.066	0.081	0.110		
$V$ (m <sup>3</sup> )	86.280							
TS (s)	0.90	0.95	1.43	1.33	1.10	0.82		
TE (s)	0.86	0.91	1.39	1.29	1.05	0.78		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		

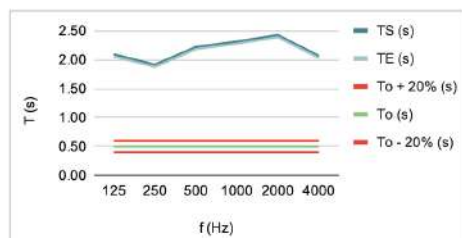


PLOCHY KONSTRUKCÍ – BYT_04		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
PODLAHA	PARKETY	19,80
PODLAHA -	DLAŽBA LESKLÁ	3,35
DLAŽBA	(GLAZOVANÁ KERAMIKA)	
KUCHYŇ	TRAMOVÝ S PODBITÍM	31,99
STROP	VÁPENNÁ OMÍTKA	61,45
STĚNY	OMÍTKA NA CPP	3,92
OBVODOVÉ		1,68
OKNA	2x 1,4/1,4 DVOJSKLO	
DVEŘE		
OBKLAD ZA KUCHYŇKOU	OBKLAD LESKLÝ (GLAZOVANÁ KERAMIKA)	3,17
2x POHOVKA	KÁŽDÁ ROVNÁ S KŘESLA	
ŽIDLE	CELOPOLSTROVANÁ	
7x, BŘEVO		3,60
KOBEREC	2,4/1,5 m	3,60
LINKA	DŘEVOTŘÍSKA	9,44+8,45=17,89
LEDNICE	0,6/0,6/2,0	0,20
KNIHOVNA	DŘEVOTŘÍSKA	7,52
STŮL	MASIV. DESKA 0,8/1,4	1,12
SKŘÍŇKA	0,36/1,4/1,2	3,05
	DŘEVOTŘÍSKA	

**Obrázek 3.14:** Půdorys BYT 04, stav včetně vybavení, M 1:100

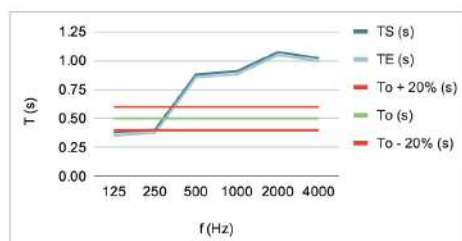
**Tabulka 3.9:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 05, bez vybavení (výše) a včetně vybavení (níže)

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočty (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Beton natřený malbou 30.32	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.273	0.334	0.424	0.485	0.515	0.546
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 8.39	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
		$S \cdot \alpha$	0.822	0.923	0.839	0.730	0.688	0.923
STROP	Beton natřený malbou 8.39	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.076	0.092	0.117	0.134	0.143	0.151
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 1.80	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
		$S \cdot \alpha$	0.027	0.090	0.054	0.054	0.036	0.036
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.68	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.504	0.420	0.168	0.134	0.084	0.067

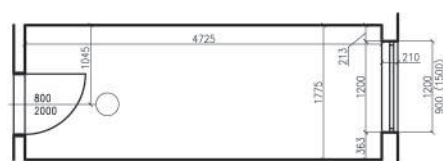


$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	50.580							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	1.702	1.859	1.603	1.538	1.466	1.723		
$am$ (-)	0.034	0.037	0.032	0.030	0.029	0.034		
$aE$ (-)	0.034	0.037	0.032	0.031	0.029	0.035		
$V$ (m <sup>3</sup> )	21.810							
TS (s)	2.09	1.91	2.22	2.31	2.42	2.06		
TE (s)	2.05	1.88	2.18	2.28	2.39	2.03		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočty (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Beton natřený malbou 11.67	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.105	0.128	0.163	0.187	0.198	0.210
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha 5.92	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
		$S \cdot \alpha$	0.580	0.651	0.592	0.515	0.485	0.651
STROP	Beton natřený malbou 6.64	$\alpha$	0.009	0.011	0.014	0.016	0.017	0.018
		$S \cdot \alpha$	0.060	0.073	0.093	0.106	0.113	0.120
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm 1.80	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
		$S \cdot \alpha$	0.027	0.090	0.054	0.054	0.036	0.036
DVEŘE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 1.68	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.504	0.420	0.168	0.134	0.084	0.067
STŮL PRACOVNÍ	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 0.72	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	0.216	0.180	0.072	0.058	0.036	0.029
ŽIDLE	Židle s tvrdým opěradlem $A$ (m <sup>2</sup> ) 1.00	$A$	0.020	0.018	0.019	0.021	0.200	0.200
		$A \cdot n$	0.020	0.018	0.019	0.021	0.200	0.200
POLICE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150) 16.77	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
		$S \cdot \alpha$	5.031	4.193	1.677	1.342	0.839	0.671
PIANINO	Dřevěný obklad 4.21	$\alpha$	0.010	0.110	0.000	0.080	0.080	0.110
		$S \cdot \alpha$	0.042	0.463	0.000	0.337	0.337	0.463



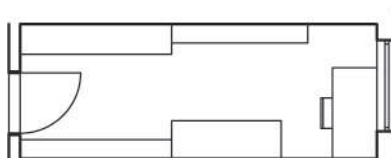
$\sum S$ (m <sup>2</sup> )	49.410							
$\sum S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	6.585	6.216	2.838	2.753	2.328	2.447		
$am$ (-)	0.133	0.126	0.057	0.056	0.047	0.050		
$aE$ (-)	0.143	0.134	0.059	0.057	0.048	0.051		
$V$ (m <sup>3</sup> )	15.320							
TS (s)	0.38	0.40	0.88	0.91	1.07	1.02		
TE (s)	0.35	0.38	0.85	0.88	1.05	1.00		
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50		
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		



BYT\_05 - VELMI ZAŘÍZENÝ

- ZÁSTUPCE PANELOVÉ ZÁSTAVBY
- OBVODOVÉ NOSNÉ ŽB PANELY 150 mm,
- INTERIEROVÉ NOSNÉ PANELY 60 mm,
- POSUZOVÁNÁ KNIHOVNA/PRACOVNA
- SV 2,6 m

PLOCHY KONSTRUKCE – BYT_05 (nez.)		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY	ŽB+OMÍTKA	30,32
STROP	ŽB+OMÍTKA	8,39
PODLAHA	PARKETY	8,39
DVEŘE		1,68
OKNO	DVOJÍSKLO	1,8



PLOCHY KONSTRUKCE – BYT_05		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY	ŽB+OMÍTKA	11,67
STROP	ŽB+OMÍTKA	6,64
PODLAHA	PARKETY	5,92
DVEŘE		1,68
OKNO	DVOJÍSKLO	1,8
STŮL PRACOVNÍ	MASIV. DESKA 0,6/1,2	0,72
ŽIDLE	DŘEVENÁ, NEPOLSTROVANÁ	
	0,25/2,0/2,6	
	0,4/2,0/2,6	
	0,25/1,8/2,6	
POLICE	DŘEVO MASIV, PLNE	5,2+6,24+5,33 = 16,77
PIANINO	0,3/1,45/1,3, DŘEVO	4,21

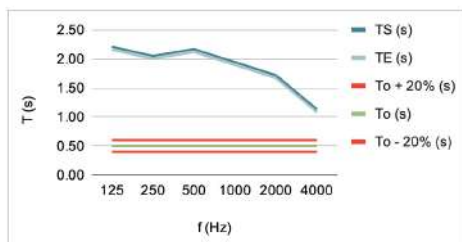
**Obrázek 3.15:** Půdorys BYT 05, bez vybavení (výše) a včetně vybavení (níže), M 1:100



**Tabulka 3.10:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, bez vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha Si (m2) nebo počet kusů n (-)	ai (-) Ai (m2)	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	52.61	$S \cdot \alpha$	1.578	1.578	1.578	2.104	2.631	4.209
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
	18.70	$S \cdot \alpha$	1.833	2.057	1.870	1.627	1.533	2.057
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	18.70	$S \cdot \alpha$	0.561	0.561	0.561	0.748	0.935	1.496
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	2.24	$S \cdot \alpha$	0.034	0.112	0.067	0.067	0.045	0.045

$\sum S$ (m2)	92.250
$\sum S \cdot \alpha$ (m2) = A (m2)	4.006
am (-)	0.043
aE (-)	0.044
V (m3)	54.230
TS (s)	2.21
TE (s)	2.16
To + 20% (s)	0.60
To (s)	0.50
To - 20% (-)	0.40

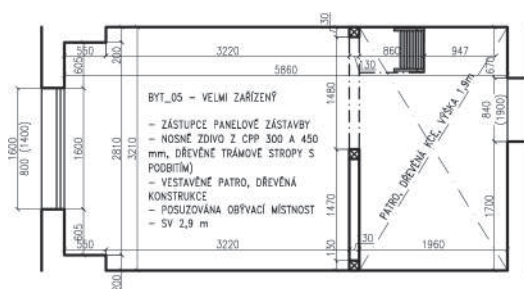
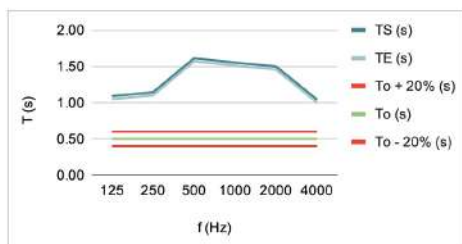


**Tabulka 3.11:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, bez vybavení, vestavěné patro

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m2) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m2)	125	250	kmitočet (Hz)			
					500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	52.61	$S \cdot \alpha$	1.578	1.578	1.578	2.104	2.631	4.209
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
	18.70	$S \cdot \alpha$	1.833	2.057	1.870	1.627	1.533	2.057
STROP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	18.70	$S \cdot \alpha$	0.561	0.561	0.561	0.748	0.935	1.496
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	2.24	$S \cdot \alpha$	0.034	0.112	0.067	0.067	0.045	0.045
VESTAVĚNÉ PATRO	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	13.24	$S \cdot \alpha$	3.972	3.310	1.324	1.059	0.662	0.530

f (Hz)	TS (s)	TE (s)	To + 20% (s)	To (s)	To - 20% (s)
125	1.05	1.05	0.55	0.55	0.55
250	1.15	1.15	0.55	0.55	0.55
500	1.60	1.60	0.55	0.55	0.55
1000	1.50	1.50	0.55	0.55	0.55
2000	1.50	1.50	0.55	0.55	0.55
4000	1.05	1.05	0.55	0.55	0.55

$\sum S$ (m2)	105.490					
$\sum S \cdot \alpha$ (m2) = $A$ (m2)	7.978	7.618	5.401	5.606	5.806	8.336
$am$ (-)	0.076	0.072	0.051	0.053	0.055	0.079
$aE$ (-)	0.079	0.075	0.053	0.055	0.057	0.082
$V$ (m3)	53.420					
TS (s)	1.09	1.14	1.61	1.55	1.50	1.04
TE (s)	1.05	1.10	1.57	1.51	1.46	1.00
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

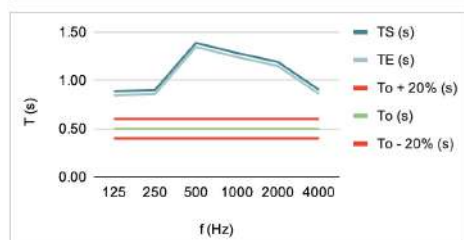


PLOCHY KONSTRUKCÍ - BYT_06 (nez.)		
KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY OBVODOVÉ	OMÍTKA NA CPP	52,61
STROP	TRÁMOVÝ S PODBITÍM, VÁPENNÁ OMÍTKA	18,70
PODLAHA	PARKETY	18,70
OKNO	DVOJSKLO	2,24
VESTAVĚNÉ PATRO	DŘEVĚNÉ NOSNÉ PRVKY, DŘEVOTŘÍSKA	13,24

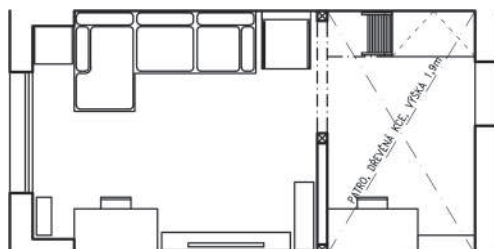
**Obrázek 3.16:** Půdorys BYT 06, stav bez vybavení, M 1:100

**Tabulka 3.12:** Výpočet doby dozvuku pro BYT 06, stav včetně vybavení

Popis konstrukce/prvku	Typ povrchu Plocha $S_i$ (m <sup>2</sup> ) nebo počet kusů $n$ (-)	$\alpha_i$ (-) $A_i$ (m <sup>2</sup> )	kmitočet (Hz)					
			125	250	500	1000	2000	4000
STĚNY OBVODOVÉ	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	40.94	$S \cdot \alpha$	1.228	1.228	1.228	1.638	2.047	3.275
PODLAHA	Parkety, dřevěná podlaha	$\alpha$	0.098	0.110	0.100	0.087	0.082	0.110
	15.41	$S \cdot \alpha$	1.510	1.695	1.541	1.341	1.264	1.695
STŘOP	Vápenná omítka na cihlovém zdivu	$\alpha$	0.030	0.030	0.030	0.040	0.050	0.080
	18.70	$S \cdot \alpha$	0.561	0.561	0.561	0.748	0.935	1.496
OKNA	Dvojitě zasklení tl. 3 mm	$\alpha$	0.015	0.050	0.030	0.030	0.020	0.020
	2.24	$S \cdot \alpha$	0.034	0.112	0.067	0.067	0.045	0.045
VESTAVĚNÉ PATRO	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	13.24	$S \cdot \alpha$	3.972	3.310	1.324	1.059	0.662	0.530
STŮL	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	0.72	$S \cdot \alpha$	0.216	0.180	0.072	0.058	0.036	0.029
STŮL	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	0.66	$S \cdot \alpha$	0.198	0.165	0.066	0.053	0.033	0.026
SKŘÍŇ	Dřevěný obklad	$\alpha$	0.010	0.110	0.000	0.080	0.080	0.110
	3.23	$S \cdot \alpha$	0.032	0.355	0.000	0.258	0.258	0.355
POLICE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	1.57	$S \cdot \alpha$	0.471	0.393	0.157	0.126	0.079	0.063
POLICE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	0.58	$S \cdot \alpha$	0.174	0.145	0.058	0.046	0.029	0.023
POLICE	Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	$\alpha$	0.300	0.250	0.100	0.080	0.050	0.040
	0.49	$S \cdot \alpha$	0.147	0.123	0.049	0.039	0.025	0.020
POHOVKA	Čalouněné křeslo	$A$	0.150	0.200	0.200	0.250	0.300	0.300
	3.00	$A \cdot n$	0.450	0.600	0.600	0.750	0.900	0.900
KŘESLO	Dřevěné křeslo	$A$	0.020	0.020	0.030	0.040	0.040	0.050
	1	$A \cdot n$	0.020	0.020	0.030	0.040	0.040	0.050
ŽIDLE	Židle s tvrdým opěradlem $A$ (m <sup>2</sup> )	$A$	0.020	0.018	0.019	0.021	0.200	0.200
	2	$A \cdot n$	0.040	0.036	0.038	0.042	0.400	0.400



$\Sigma S$ (m <sup>2</sup> )	97.780						
$\Sigma S \cdot \alpha$ (m <sup>2</sup> ) = $A$ (m <sup>2</sup> )	9.053	8.923	5.791	6.265	6.752	8.907	
$am$ (-)	0.093	0.091	0.059	0.064	0.069	0.091	
$aE$ (-)	0.097	0.096	0.061	0.066	0.072	0.096	
$V$ (m <sup>3</sup> )	49.300						
TS (s)	0.89	0.90	1.39	1.28	1.19	0.90	
TE (s)	0.85	0.86	1.35	1.24	1.15	0.86	
To + 20% (s)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
To (s)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
To - 20% (s)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	



KONSTRUKCE	POPIS	PLOCHA $S$ (m <sup>2</sup> )
STĚNY	OMÍTKA NA CPP	40.94
OBVODOVÉ	TRÁMOVÉ S PODBITÍM	18.70
STŘOP	VÁPENNÁ OMÍTKA	18.70
PODLAHA	PARKETY	15.41
OKNO	DVOJKSKLO	2.24
VESTAVĚNÉ	DŘEVĚNÉ NOSNÉ PRVKY	13.24
PATRO	DŘEVOTŘÍSKA	13.24
POHOVKA	3x ČALOUNĚNÉ KŘESLO	3.00
KŘESLO	1x DŘEVĚNÉ KŘESLO	1.00
ŽIDLE	2x ŽIDLE PLASTOVÁ	0.04
STŮL	DŘEVOTŘÍSKA, 1,2/0,6	0.72
STŮL	DŘEVOTŘÍSKA, 1,1/0,6	0.66
SKŘÍŇ	DŘEVO 0,6/1,1/1,9	3.23
POLICE	DŘEVOTŘÍSKA, 0,24/1,1/0,6, PLNĚ KNÍH	1.57
POLICE	DŘEVOTŘÍSKA, 0,26/0,9/0,3, PLNĚ KNÍH	0.58
POLICE	DŘEVOTŘÍSKA, 0,23/0,76/0,3, PLNĚ KNÍH	0.49

**Obrázek 3.17:** Půdorys BYT 06, stav včetně vybavení, M 1:100



### 3.7 Hodnocení názoru uživatelů

Pro vyhodnocení vztahu uživatelů k množství a typu zařízení, akustice prostoru a toleranci vůči zvukům mimo jejich byty byl pomocí Google Forms vytvořen dotazník, který byl těmto uživatelům poslán k zodpovězení. Krom základních otázek vztahujících se k získání údajů o uživatelích (pohlaví, věk, vzdělání a hodnocení kvality sluchu), byly dotazovaným položeny čtyři sady otázek se zaměřením na estetiku, praktičnost a snadnou údržbu, akustický komfort a povědomí o zásadách prostorové akustiky.

Posuzovaný vzorek je vztažen pouze na obyvatele předmětných bytů (místností). Proto jej lze označit za malý a obecně málo výmluvný, nicméně odpovědi přináší zásadní náhled na subjektivní stránku akustické pohody obytných místnostech.

Dotázáno bylo celkem čtrnáct osob, z nichž deset osob je ve věku 24-35 let a čtyři osoby ve věku 54-58 let. Zastoupena jsou obě pohlaví. Převážnou část dotazovaných tvoří technicky zaměření jedinci (devět osob s profesním zaměřením architektura a stavitelství nebo technika a technologie), zbytek je zaměřen především humanitně (tři osoby), dvě osoby uvedly jako zaměřením přírodní vědy a OSVČ. Dotazovaní hodnotí svůj sluch převážně kladně (odpovědi *Dobry* a *Vyborny* dohromady tvoří 78,6 %). Žádný z dotazovaných nepoužívá kompenzační pomůcku pro osoby se sluchovým postižením (např. sluchadlo) a většina nepoužívá na kulturních akcích speciální špunty do uší.

#### 3.7.1 Estetika prostoru vs. prostorová akustika

Pro potvrzení či vyvrácení předpokladu, že estetika obytného prostoru hraje pro obyvatele zásadnější roli nežli jeho prostorová akustika, byly dotazovaným položeny otázky uvedené níže. Hlavní myšlenkou pro vyslovení tohoto předpokladu byla absence koberce v posuzovaných místnostech (krom bytu 04) a obecně nižší míra zařízení, které by mohlo příznivě přispívat ke zlepšení akustické pohody v prostoru.

##### 2.a Estetika obytného prostoru je pro mne důležitější než jeho akustické vlastnosti.

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 0 osob (0 %), 2: 4 osoby (28,6 %), 3: 7 osob (50,0 %), 4: 3 osoby (21,4 %)

**2.b Jsem schopen tolerovat zhoršené akustické podmínky prostoru (snížená srozumitelnost řeči, vznik ozvěny, apod.) pro zachování estetického vjemu z něj.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé);

1: 3 osoby (21,4 %), 2: 6 osob (42,9 %), 3: 3 osoby (21,4 %), 4: 2 osoby (14,3 %)

**2.c Při zařizování prostoru jsem dbal/a i na jeho akustické vlastnosti.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé).

1: 4 osoby (28,6 %), 2: 7 osob (50,0 %), 3: 2 osoby (14,3 %), 4: 1 osoba (7,1 %)

**2.d Preferuji místnost bez koberce.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 3 osoby (21,4 %), 2: 2 osoby (14,3 %), 3: 4 osoby (28,6 %), 4: 5 osob (35,7 %)

**2.e Volbu odpovědi v předchozí otázce (2.d) prosím krátce zdůvodněte.**

4 osoby otázku nezodpověděly (28,6 %), v ostatních případech byly jako důvody uvedeny praktičnost, snadnější údržba (např. kvůli domácím mazlíčkům), studená podlaha či estetika materiálů (dlažba, dřevo)

Většina dotazovaných dává přednost estetickému vjemu z prostoru, při zhoršených akustických podmínkách by však nedali přednost estetické stránce prostoru. Při zařizování bytu nebyly akustické vlastnosti prostoru pro většinu dotazovaných prioritou. Většina dotazovaných preferuje místnost bez koberce z důvodů uvedených v bodě 2.e. Estetično prostoru tedy ve většině případů nad akustikou prostoru převažuje.

### **3.7.2 Množství a typ zařízení**

Tato sada otázek je zaměřena na bližší zjištění preferencí jednotlivců ve vztahu k obecným prioritám při zařizování obytného prostoru.

**3.a Preferuji minimalistický přístup k zařízení bytu.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 1 osoba (7,1 %), 2: 8 osob (57,2 %), 3: 2 osoby (14,3 %), 4: 3 osoby (21,4 %)

**3.b Preferuji útulnější zařízení bytu (více nábytku a doplňků).**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 2 osoby (14,3 %), 2: 3 osoby (21,4 %), 3: 4 osoby (28,6 %), 4: 5 osob (35,7 %)

### **3.c Rád/a se věcmi (knihy, obrazy, dekorace, apod.) obklopuji.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 2 osoby (14,2 %), 2: 4 osoby (28,6 %), 3: 4 osoby (28,6 %), 4: 4 osoby (28,6 %)

### **3.d Známkou bohatství (ve finančním i mentálním smyslu) je pro mne (lze vybrat více možností):**

Přepych: 1 osoba

Prostor: 6 osob

Účelné, ale kvalitní zařízení: 12 osob

Prvky s historií: 2 osoby

Jiná (vlastní) odpověď: 1 osoba (Účelnost s přirozeností)

### **3.e Prostor, ve kterém bydlím, hodnotím jako:**

Minimalisticky zařízený: 4 osoby (28,6 %)

Standardně zařízený: 6 osob (42,9 %)

Zařízený příliš: 3 osoby (21,4 %)

Jiná (vlastní) odpověď: 1 osoba (Zařízený po svém; 7,1 %)

### **3.f Zařízení prostoru, ve kterém bydlím:**

Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený: 10 osob (71,5 %)

Jsem si mohl zvolit, ale nejsem s ním spokojený: 1 osoba (7,1 %)

Jsem si nemohl zvolit, ale jsem s ním spokojený: 3 osoby (21,4 %)

Jsem si nemohl zvolit a nejsem s ním spokojený: 0 osob (0,0 %)

Obyvatelé bytů, které jsou v této práci označeny jako minimalistické, se ke svému minimalistickému přístupu hrdě hlásí. Myšlenka minimalismu je mnohdy spojena s výběrem menšího množství kvalitního a odolného vybavení. Často se také ruku v ruce nese s cílenou eliminací prvků - koberců, rozsáhlých knihoven plných knih či těžkých závěsů, které mohou zlepšovat (tedy snižovat) pohltivost prostoru.

Mezi standardně a nadstandardně vybavenými byty, které jsou předmětem této části práce, bylo poměrně obtížné stanovit jasnější hranici - míra vybavenosti se sobě navzájem značně přibližuje. Obyvatelé tyto byty ve většině případů označili za standardně vybavené. Společným rysem je i touha po útulně zařízeném prostoru, přičemž řada osob se ráda věcmi (obrazy, knihy, apod.) obklopuje; i tato skupina tíhne k účelnému, ale kvalitnímu zařízení.

### 3.7.3 Obecné povědomí o akustice prostoru

Jaké je skutečné povědomí dotazovaných o prostorové akustice a jak hodnotí akustickou pohodu ve svém obydlí - to byly hlavní cíle tohoto bloku otázek.

#### 4.a V případě špatné akustiky prostoru (ozvěna) vím, jaké úpravy v prostoru provést, abych situaci zlepšil/a.

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 0 osob (0,0 %), 2: 2 osoby (14,2 %), 3: 6 osob (42,9 %), 4: 6 osob (42,9 %)

#### 4.b Čím je nezařízený prostor větší, tím je jeho prostorová akustika lepší.

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 9 osob (64,4 %), 2: 3 osoby (21,4 %), 3: 1 osoba (7,1 %), 4: 1 osoba (7,1 %)

#### 4.c Čím více nábytku a ostatního zařízení (obrazy, knihy, závěsy, koberec, apod.), tím je akustika prostoru lepší.

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 3 osoby (21,4 %), 2: 0 osob (0,0 %), 3: 5 osob (35,7 %), 4: 6 osob (42,9 %)

#### 4.d Jak pocitově vnímám svůj obytný prostor? Akustický komfort v něm je:

(1 = velmi špatný / 4 = velmi dobrý)

1: 0 osob (0,0 %), 2: 0 osob (0,0 %), 3: 11 osob (78,6 %), 4: 3 osoby (21,4 %)

Většina dotazovaných by dle jejich slov znala možnosti úprav pro dosažení lepší akustické pohody v obydlí. Z odpovědí na otázky 4.b a 4.c je zřejmé, že povědomí o základních principech akustiky v uzavřených prostorech je poměrně dobré.

Snad nejdůležitější otázkou této sady bylo zjištění skutečného pocitového akustického komfortu obyvatel posuzovaných bytů. Všechny dotazované lze označit za spíše či zcela spokojené s akustickými poměry uvnitř jejich bytu. Tedy ačkoli jsou vypočtené hodnoty doby dozvuku v zařízených místnostech poměrně vysoké (viz. kapitoly 3.1-3.5), uživatelé jsou s prostorovou akustikou spokojeni.

### 3.7.4 Akustika prostoru vs. akustika stavebních konstrukcí

Je obecně známé, že zvuky, které nemůžeme ovlivnit, na nás působí hůře, nežli zvuky, které můžeme alespoň částečně či zcela eliminovat. Stavební akustika je primárním faktorem zabráňujícím šíření zvuku v objektech, proto jsou také pro veškeré konstrukce normami stanoveny minimální požadavky na stavební a kročejovou neprůzvučností. Prostorová akustika hraje v tomto případě druhotnou roli - pomocí celkového útlumu zvuku prostorem a vybavením je možné snížit i hluk produkovaný mimo místnost či byt, efekt je však nižší než útlum hmotou konstrukce.

#### **5.a Jsem více obtěžován/a rušivými vnějšími jevy (sousedé, hluk z dopravy, atp.) než špatnou akustikou obytného prostoru (ozvěna).**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 0 osob (0,0 %), 2: 3 osoby (21,4 %), 3: 2 osoby (14,2 %), 4: 9 osob (64,4 %)

#### **5.b Hluk z dopravy pro mne není obtěžující.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 6 osob (42,9 %), 2: 6 osob (42,9 %), 3: 1 osoba (7,1 %), 4: 1 osoba (7,1 %)

#### **5.c Jsou-li sousedé ve svém bytě, jsou hluční (úklid, hovor, hádky, hlasitý poslech hudby, atp.).**

(1 = nikdy / 4 = vždy)

1: 3 osoby (21,4 %), 2: 7 osob (50,0 %), 3: 4 osoby (28,6 %), 4: 0 osob (0,0 %)

#### **5.d Hluk způsobovaný užíváním a údržbou společných prostor (výtah, chodba, schodiště) pro mne není obtěžující.**

(1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé)

1: 1 osoba (7,1 %), 2: 4 osoby (28,6 %), 3: 4 osoby (28,6 %), 4: 5 osob (35,7 %)

**Tabulka 3.13: Souhrn odpovědí na dotazník**

Byt	01		02		03	
Pohlaví	ženské	mužské	ženské	mužské	mužské	ženské
Věk (vyplňte číslo)	24	24	29	35	30	25
Mé profesní zaměření	Stavitelství a architektura	Technika a technologie	Stavitelství a architektura	Technika a technologie	Technika a technologie	Humanitní obory
Můj sluch je	Dobrý	Průměrný	Výborný	Dobrý	Výborný	Výborný
Používám kompenzační pomůcku pro osoby se sluchovým postižením (např. sluchadlo)	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Při společenských a kulturních používám speciální špunty do uší	Ne	Ne	Ne	Někdy	Ne	Ne
Estetika obytného prostoru je pro mne důležitější než jeho akustické vlastnosti. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	3	3	3	2	3
Jsem schopen tolerovat zhoršené akustické podmínky prostoru (snížená srozumitelnost řeči, vznik ozvěny, apod.) pro zachování estetického vjemu z něj. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	2	2	3	1	1
Při zařizování prostoru jsem dbal/a i na jeho akustické vlastnosti. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	2	3	2	1	1	1
Preferuji místnost bez koberce. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	2	3	4	3	4
Volbu odpovědi v předchozí otázce prosím krátce zdůvodněte:	lepší údržba, estetika dřeva nebo dlažby, jednodlost	místnosti bez koberce mi přijdou studené	Koberec se těžko udržuje		Lepší uklídkové možnosti, astma (zdravotní duvody)	
Preferuji minimalistický přístup k zařizení bytu. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	3	4	4	2	1
Preferuji útulnější zařizení bytu (více nábytku a doplňků). 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	2	2	1	1	4	4
Rád/a se věcmi (knihy, obrazy, dekorace, apod.) obklopuji. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	2	2	1	1	4	3
Známkou bohatství (ve finančním i mentálním smyslu) je pro mne (lze vybrat více možností):	Prostor, Účelné, ale kvalitní zařizení	Prostor, Účelné, ale kvalitní zařizení	Prostor, Účelné, ale kvalitní zařizení	Prostor, Účelné, ale kvalitní zařizení	Účelné, ale kvalitní zařizení	Účelné, ale kvalitní zařizení
Prostor, ve kterém bydlím, hodnotím jako	Minimalisticky zařízený	Minimalisticky zařízený	Minimalisticky zařízený	Minimalisticky zařízený	Zařízený příliš	Zařízený příliš
Zařízení prostoru, ve kterém bydlím	Jsem si mohl zvolit, ale nejsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si nemohl zvolit, ale jsem s ním spokojený
V případě špatné akustiky prostoru (ozvěna) vím, jaké úpravy v prostoru provést, abych situaci zlepšil/a. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	3	4	3	2	4	4
Čím je nezařízený prostor větší, tím je jeho prostorová akustika lepší. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	1	1	1	1	1	1
Čím více nábytku a ostatního zařízení (obrazy, knihy, závěsy, koberec, apod.), tím je akustika prostoru lepší. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	3	4	4	3	1	4
Jak pocitově vnímám svůj obytný prostor? Akustický komfort v něm je: 1 = velmi špatný / 4 = velmi dobrý	3	3	3	3	3	4
Jsem více obtěžován/a rušivými vnějšími jevy (sousedé, hluk z dopravy, atp.) než špatnou akustikou obytného prostoru (ozvěna). 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	3	4	4	4	4
Hluk z dopravy pro mne není obtěžující. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	2	2	2	2	1
Jsou-li sousedé ve svém bytě, jsou hluční (úklid, hovor, hádky, hlasitý poslech hudby, atp.). 1 = nikdy / 4 = vždy	2	2	3	3	2	2
Hluk způsobovaný užíváním a údržbou společných prostor (výtah, chodba, schodiště) pro mne není obtěžující. 1 = nejméně pravdivé / 4 = nejvíce pravdivé	4	2	3	4	3	3

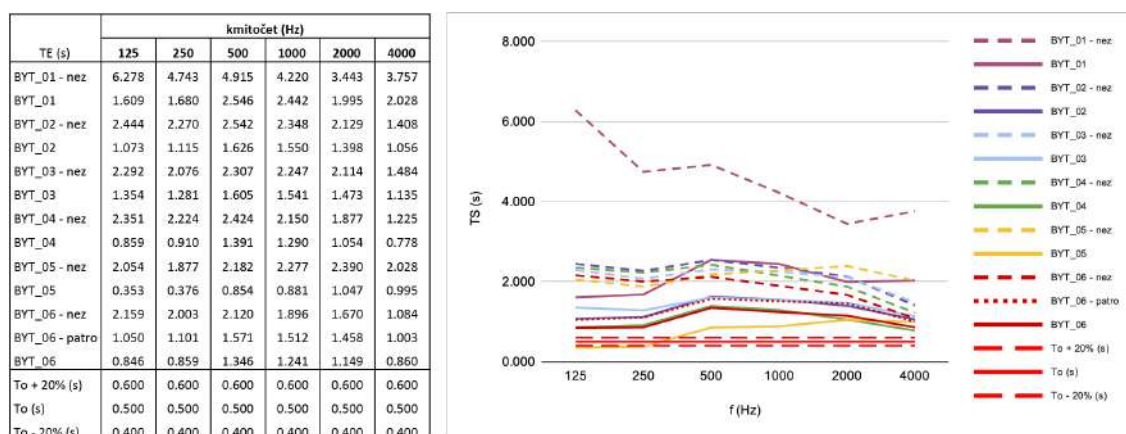


**Tabulka 3.13 - pokračování: Souhrn odpovědí na dotazník**

04			05			06	
ženské	ženské	mužské	mužské	ženské	mužské	ženské	mužské
24	58	57	25	54	56	25	25
Technika a technologie	OSVČ	Technika a technologie	Stavitelství a architektura	Humanitní obory	Humanitní obory	Přírodní vědy	Stavitelství a architektura
Dobrý	Průměrný	Dobrý	Dobrý	Průměrný	Výborný	Dobrý	Výborný
Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Někdy
3	4	4	3	2	3	2	2
2	4	3	3	1	2	2	2
1	2	2	2	3	2	2	4
1	1	1	3	3	2	4	4
	máme studenou podlahu		Mám radši dřevo.. estetika, uklid, dotekové vlastnosti	kvůli pobytu kočky - lepší údržba, pokud místnost bez koberce, máme kročejovou izolaci pod dlažbou i dřevěnou podlahou	V ložnici koberec i proti hluku	Praktičnost, vzhled.	Praktičnost
2	2	2	3	2	2	2	2
3	4	3	2	4	3	3	4
3	4	2	3	4	2	3	4
Účelné, ale kvalitní zařízení	Účelné, ale kvalitní zařízení	Účelné, ale kvalitní zařízení	Prostor, Účelné, ale kvalitní zařízení	Účelné, ale kvalitní zařízení, Prvky s historií	Účelnost s přirozeností	Prostor	Přepych, Účelné, ale kvalitní zařízení, Prvky s historií
Standardně zařízený	Standardně zařízený	Standardně zařízený	Standardně zařízený	Zařízený příliš	Standardně zařízený	Standardně zařízený	Zařízený po svém
Jsem si nemohl zvolit, ale jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený	Jsem si nemohl zvolit, ale jsem s ním spokojený	Jsem si mohl zvolit a jsem s ním spokojený
3	2	3	4	3	4	3	4
1	4	3	2	2	1	2	1
3	3	4	4	3	4	1	1
3	4	3	3	3	4	3	3
2	4	3	2	4	4	4	2
2	1	2	1	1	1	1	3
3	1	1	1	2	2	3	2
3	4	1	2	2	4	2	4

### 3.8 Shrnutí a vyhodnocení

Z výsledků je patrné, že většina posuzovaných místností nedosáhla na hranici doby dozvuku  $T_E$  0,4-0,6 s. Hodnoty se napříč akustickým spektrem pohybují mezi 0,8-2,6 s pro varianty s vybavením. Ač jsou hodnoty  $T_E$  (s) oproti optimálním poměrně vysoké, jsou posuzované prostory uživateli/obyvateli bytů obecně vnímány jako spíše akusticky příznivé, bez nutnosti dalších úprav.



Obrázek 3.18: Výsledky posouzení  $T_E$  (s)

Je tedy nutné vnášet podmínky pro posouzení a optimální hodnoty pro dobu dozvuku  $T$  (s) do českých norem nebo metodik hodnocení staveb? Ač se jedná o malý vzorek hodnocených bytů a dotazovaných osob, výsledky jsou poměrně výmluvné - uživatelé jsou se svým prostorem (v podmínkách, kdy mohou ovlivnit typ a množství zařízení) převážně spokojeni s jeho akustikou, estetika a snadná údržba mnohdy hrají větší roli při výběru zařízení. Posouzení podle metodologie SBToolCZ řeší problematiku prostorové akustiky velmi černobíle (tedy šířením informovanosti o možnostech zlepšení prostorové akustiky), avšak jiným způsobem ji pravděpodobně řešit nelze. Ostatně jak již bylo řečeno - typ a množství vybavení záleží na každém jedinci, a to, jakým způsobem přistupuje ke svému obytnému prostoru, je čistě v jeho rukách.

Pro stádium projektu by bylo možné uvést požadavek, aby doba dozvuku  $T_E$  (s) nezařízeného prostoru nepřesahovala např. 2,0 s napříč všemi oktávovými pásmy - jak průzkum ukázal, z této výchozí pozice by bylo možné i při nízké míře vybavenosti dosáhnout subjektivně přijatelných výsledků z hlediska vnímání akustické pohody obyvatel.

## 4 Závěr

V době vzniku této práce neexistují přesné regulace nebo směrnice pro optimální dobu dozvuku pro obytné prostory. Obecná normová doporučení založená na objemu prostor dávají jistou představu o hodnotách doby dozvuku  $T = 0,5$  s pro prostory s nejnižší mezí objemu  $100 \text{ m}^3$ , tyto hodnoty jsou však primárně určeny pro návrh auditorií a málo vypovídají o tom, jakých podmínek má být dosahováno v prostorech s obytnou funkcí.

Vyhodnocením výsledků výpočtového modelu byl potvrzen zásadní vliv stavební neprůzvučnosti dělicích (mezibytových) stěn při tlumení sousedského hluku. Pohltivost místnosti příjmu zvuku může napomoci snížení intenzity a změně průběhu akustického spektra zvuku v této místnosti, avšak hlavní útlum zajišťuje hmota obvodových konstrukcí.

Především posouzení skutečných bytů s různým množstvím vybavení ukázala, že hranice  $0,5$  s ( $\pm$  tolerancí 20%) je obtížně dosažitelná. Na výsledky hodnocení mají vliv především míra detailu modelu a použití vhodných vstupních údajů, které mohou vnášet do výpočtu nepřesnosti. Nejspolehlivější metodou proto vždy bude měření in situ, které však může být provedeno pouze v již existujících a fungujících prostorech.

Nezanedbatelnou složkou jsou i údaje poskytnuté uživateli, které jasně vypovídají o tom, že akustická pohoda uvnitř prostoru nebývá primárním kritériem obecné pohody v místnosti. Hlavní je estetika a filosofie života každého z jedinců a to, jakým způsobem ji aplikuje na svůj prostor. Jinými slovy - i když se objektivně vypočtené hodnoty doby dozvuku mohou zdát velmi vysoké, subjektivní pocit uživatele z prostorové akustiky může být velmi kladný. Ve většině případů bylo navíc potvrzeno obecně známé pravidlo, že nejvíce rušivé jsou pro nás zvuky, které není v našich silách přímo ovlivnit (tedy zvuky vně naší místnosti či bytu).

# Seznam použitých zdrojů

- [1] ČECHURA, J., *Stavebí fyzika 10 - Akustika stavebních konstrukcí*. Praha: Vydavatelství ČVUT v Praze, 1997. ISBN 80-01-01593-9.
- [2] NOVÁK, J., *Akustická kvalita a pohoda ve výstavbě*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1981.
- [3] Knauf - Systémy suché výstavby, *Knauf Cleaneo akustické podhledy*. Praha: Knauf Praha, spol. s r.o., 2018.
- [4] KAŇKA, J., *Akustika stavebních objektů*. Brno: ERA Group spol s r.o., 2009. ISBN 978-80-7366-140-3.
- [5] ČSN 73 0525., *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 1998.
- [6] ČSN 73 0527., *Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 2005.
- [7] PUŠKÁŠ, J., *Znižovanie hluku v pozemných stavbách*. Bratislava : Alfa, 1988.
- [8] VONKA, M., *SBToolCZ pro bytové domy*. Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05125-2.
- [9] VONKA, M., *SBToolCZ pro rodinné domy*. Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05126-9.

- [10] *Noise Colours and Types* [online]. MediaCollege.com [cit. 30.11.2019]. Dostupné z: <https://www.mediacollege.com/audio/noise/>.
- [11] KŘIVÁNEK, T., *Generátor barevných šumů*. Brno, 2016. Bakalářská práce. FEKT VUT v Brně.
- [12] ČSN 73 0532., *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), 2010.

# **Přílohy**



# Seznam příloh

<b>Příloha č. 1</b> - Výpočet celkové zvukové pohltivosti $A$ ( $\text{m}^2$ ) a doby dozvuku $T$ (s) v místnosti příjmu zvuku M2 VAR_01-07	str. 107
<b>Příloha č. 2</b> - Výsledky hladiny akustického tlaku $L_{A2}$ (dB) v místnosti příjmu zvuku M2 pro dílčí typy dělících konstrukcí	str. 114